

РАДИОПРИЕМНАЯ АППАРАТУРА

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН

В. Кокачев

Предлагаемый вниманию радиолюбителей супергетеродин (рис. 1) построен на базе узлов и деталей промышленных приемников «ВЭФ-12», «ВЭФ-201» и «ВЭФ-202», которые чаще других встречаются в продаже.

Супергетеродин рассчитан на прием радиостанций, работающих в трех любительских (10, 14 и 20 м) и четырех радиовещательных (25, 31, 41 и 49 м) коротковолновых диапазонах, а также в стандартном средневолновом диапазоне (186,9—571,4 м).

В СВ диапазоне прием ведется на магнитную антенну, а в диапазонах коротких волн — на выдвижную телескопическую. Кроме того, на всех диапазонах прием может вестись на наружную антенну.

Реальная чувствительность приемника в диапазоне СВ при приеме на магнитную антенну не хуже 500 мкВ, а на наружную — не хуже 100—200 мкВ. Чувствительность

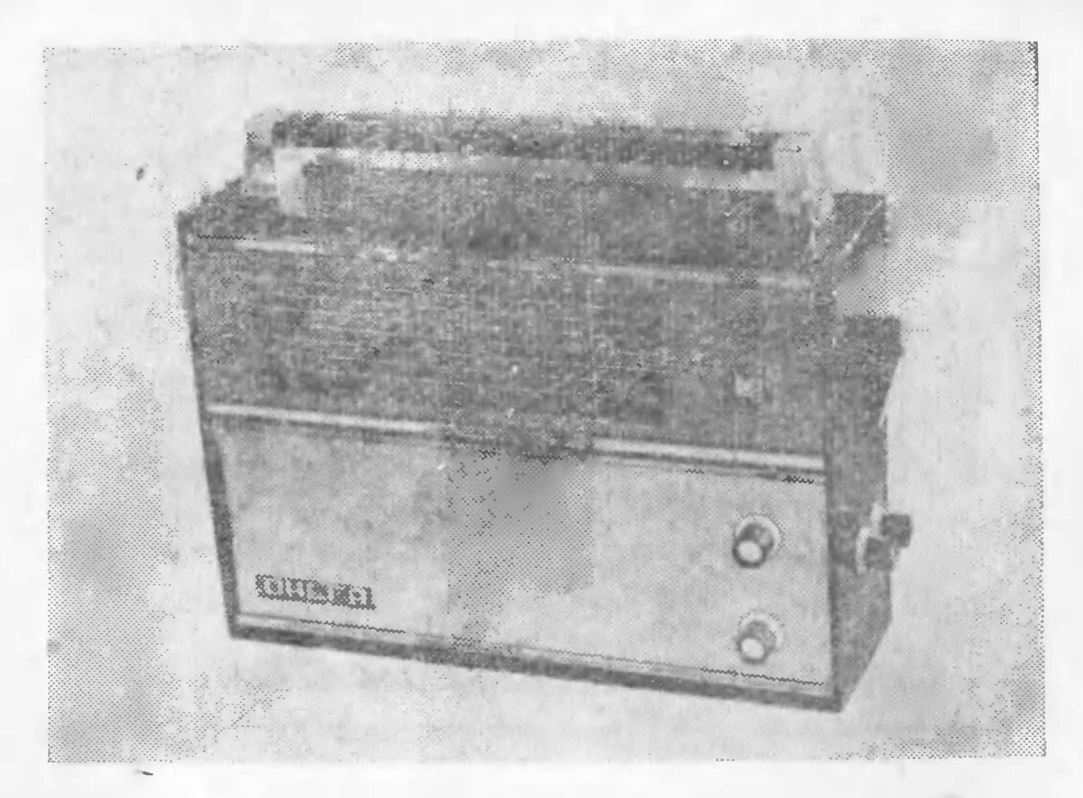


Рис. 1. Любительский супергетеродин

в диапазонах КВ при приеме на штыревую антенну не хуже 50 мкВ.

Избирательность по соседнему каналу при расстройке на ±10 кГц в диапазоне СВ не менее 46 дБ. Ослабление сигнала зеркального канала на средних волнах не менее 30 дБ, а на коротких не менее 16 дБ. Промежуточная частота приемника 465 ± 2 кГц.

Полоса рабочих частот при работе на внутренний громкоговоритель от 100 до 10 000 Гц; номинальная выходная мощность при коэффициенте нелинейных искажений всего тракта усиления приемника не более 5% — 250 мВт. В усилителе НЧ приемника имеется раздельная регулировка тембра по низшим и высшим звуковым частотам. Диапазон регулировки на краях диапазона относительно частоты 1000 Гц ± 6 дБ.

АРУ обеспечивает изменение напряжения на выходе приемника не более чем на 6 дБ при изменении входного напряжения на 60 дБ.

Приемник питается от шести элементов 373. Ток, потребляемый в режиме молчания, не превышает 8 мА, а при номинальной выходной мощности — 50—75 мА. Одного комплекта батарей при средней громкости звучания хватает на 200 ч работы приемника; причем его работоспособность сохраняется при снижении напряжения батареи до 5 В. В стационарных условиях супергетеродин может питаться от стабилизированного выпрямителя.

Размеры приемника 297 × 229 × 105 мм; масса без источника питания 2,5 кг.

Принципиальная схема. Высокочастотная часть приемника построена по схеме, не имеющей принципиальных отличий от схемы радиоприемника «ВЭФ-12» (рис. 2).

Телескопическая антенна имеет автотрансформаторную связь с входными контурами КВ диапазона, а наружная — емкостную. При работе в СВ диапазоне наружная антенна подключается к гнезду *Гн5*, которое через резистор *R1* и катушку *L3* связано с входным контуром диапазона СВ. Такой способ включения наружных антенн позволяет получить равномерный коэффициент передачи входной цепи по всему диапазону.

Усилитель ВЧ выполнен на транзисторе *T1* по апериодической схеме. Параллельно его активной нагрузке *R11* включен последовательный резонансный контур *L4 C11*, настроенный на частоту 465 кГц и подавляющий в диапазоне СВ входной сигнал с частотой, равной или близкой к промежуточной. Связь входных контуров с базой транзистора *T1* усилителя ВЧ — трансформаторная.

Преобразователь частоты собран по схеме с отдельным гетеродином на транзисторах *T2* (смеситель) и *T3* (гетеродин).

Транзистор *T2* включен по схеме с общим эмиттером, а *T3* — по схеме с общей базой. На базу транзистора *T2* подается напряжение сигнала с усилителя ВЧ, а на его эмиттер — напряжение гетеродина. Для повышения стабильности работы гетеродина в КВ диапазоне применены фазирующие цепочки, компенсирующие сдвиг фаз в транзисторе *T3*. Фазирующие цепочки состоят из входного сопротивления транзистора *T3*, резистора *R2*, конденсатора *C7* и в зависимости от диапазона конденсаторов *C63*, *C66*, *C71*, *C76*, *C80*, *C85*, *C90* и подключаемого к ним последовательно конденсатора *C6*. Оптимальное условие преобразования частоты выполняется при напряжении гетеродина на эмиттере транзистора смесителя 80—150 мкВ. Нагрузкой смесителя служит четырехконтурный фильтр сосредоточенной селекции, обеспечивающий избирательность по соседнему каналу. Связь ФСС с коллекторной цепью транзистора *T2* автотрансформаторная — через отвод от катушки *L5*.

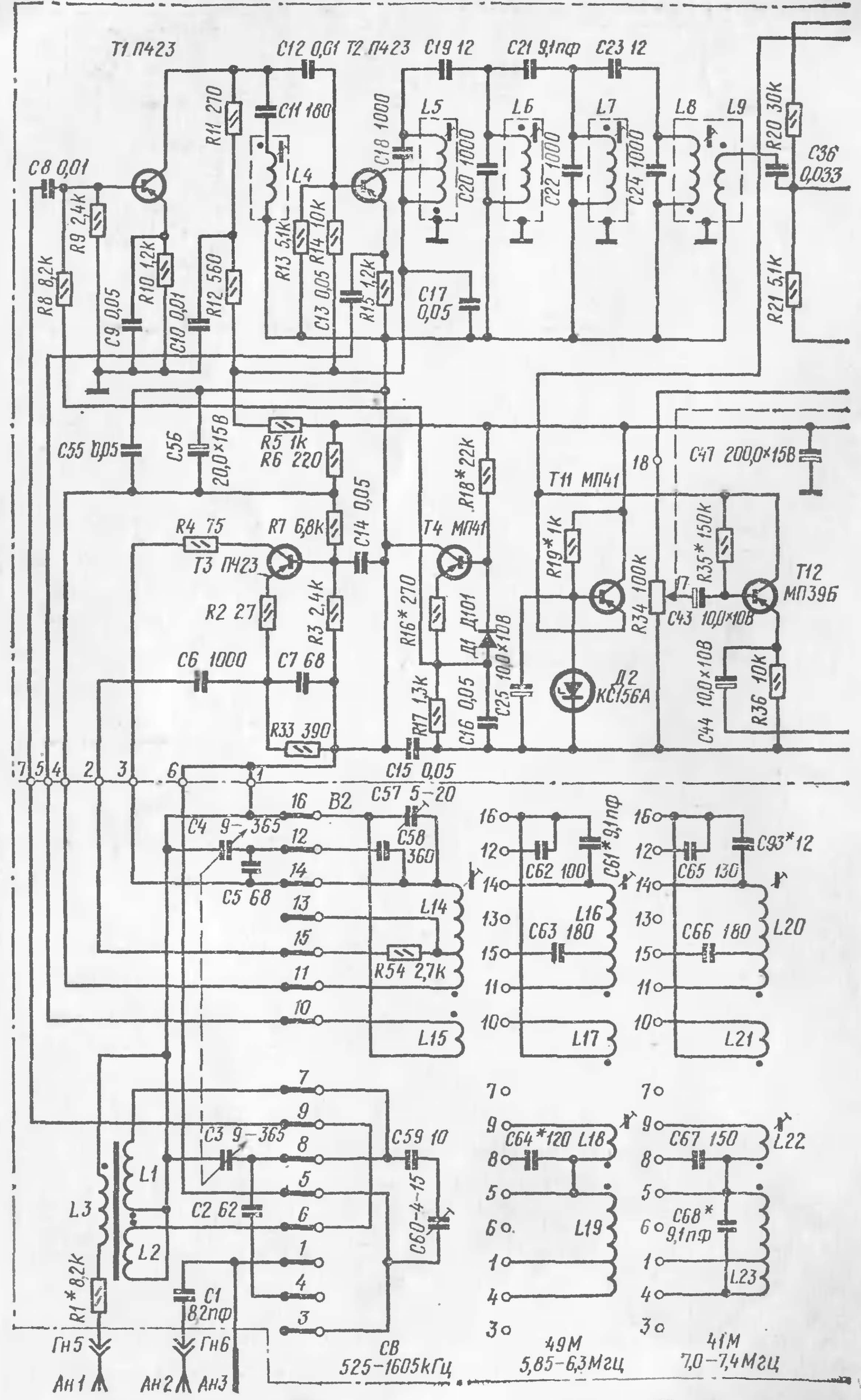


Рис. 2. Принципиальная схема приемника

Смеситель и гетеродин питаются от стабилизатора напряжения, собранного на транзисторе *Т4* и диоде *Д1*. С диода *Д1* и делителя *R16-R17* подается стабилизированное напряжение смещения на базу транзистора *Т1*.

Связь ФСС с первым каскадом усилителя ПЧ трансформаторная — через катушку связи *L9*, индуктивно связанную с контуром *L8C24*.

Усилитель ПЧ двухкаскадный. Каждый его каскад выполнен по каскодной схеме с последовательным питанием. Положительными качествами такого усилителя являются большие входное и выходное сопротивления, а также высокая устойчивость работы без цепей нейтрализации. Это особенно важно в транзисторных приемниках, так как из-за большого разброса параметров транзисторов в обычных (апериодических) усилителях потребуется тщательный подбор элементов цепей нейтрализации для каждого транзистора в отдельности или подбор самих транзисторов. Применение каскодной схемы позволяет полностью использовать усилительные свойства транзисторов и получить усиление большее, чем от обычного двухкаскадного усилителя.

Первый каскад усилителя ПЧ собран на транзисторах *Т5* и *Т6*, второй — на *Т7* и *Т8*. Связь между каскадами трансформаторная — через резонансный контур *L10 C28 L11*, с полосой пропускания 25—30 кГц. Контур *L10 C28* с последовательно включенным резистором *R24* служит нагрузкой первого каскада, а резистор *R29* и контур *L12 C33* — нагрузкой второго. Полоса пропускания контура *L12 C33* около 40—50 кГц; поэтому на общую избирательность приемника он влияет незначительно.

Детектор сигнала собран на диодах *Д3* и *Д4*. Продетектированный сигнал через П-образный фильтр *С37 R30 С34* и конденсатор *С42* поступает на нагрузочный резистор *R34*, служащий одновременно и регулятором громкости, и далее через конденсатор *С43* — на вход эмиттерного повторителя, выполненного на транзисторе *Т12*. Поскольку входное сопротивление этого каскада довольно высоко, коэффициент трансформации катушек *L12*, *L13* можно сделать порядка 1—2 и, таким образом повысив напряжение ПЧ на детекторе, снимать с него низкочастотное напряжение с малыми нелинейными искажениями.

В приемнике имеется усиленная автоматическая регулировка усиления с задержкой. Усилитель постоянного тока АРУ выполнен на составном транзисторе *Т9-Т10*. Напряжение на его вход подается через диод *Д4*, снимается с эмиттера транзистора *Т10* и подводится к базе первого каскада усилителя ПЧ. По мере увеличения входного сигнала растет и напряжение, подводимое к детектору, что приводит к увеличению постоянной составляющей продетектированного сигнала, проходящей через делитель напряжения, образованный диодом *Д4* и резистором *R31*. В результате транзистор *Т9*, который при отсутствии сигнала на входе детектора был закрыт положительным смещением, поступающим с резистора *R31*, открывается, и напряжение на его коллекторе уменьшается. Поскольку транзистор *Т10* связан с транзистором *Т9* гальванически, то соответственно уменьшается и напряжение на его эмиттере. Резистор *R20* в цепи базы транзистора *Т5* подключен к эмиттеру транзистора *Т10*, а резистор *R21* — к источнику положительного смещения; поэтому отрицательное смещение на базе транзистора *Т5* относительно его эмиттера уменьшается, что приводит к снижению его коллекторного тока, а следовательно, и падению усиления каскада.

Таким образом, изменяя положительное смещение на базе транзистора *Т9*, можно регулировать напряжение задержки системы АРУ. Эта регулировка производится подбором сопротивления резистора *R31*. Уменьшение сопротивления этого резистора приводит к увеличению задержки.

Усилитель ПЧ, усилитель постоянного тока АРУ и эмиттерный повторитель питаются от отдельного стабилизатора, выполненного на транзисторе *Т11* и опорном кремниевом стабилитроне *Д2*, что обеспечивает устойчивую работу перечисленных каскадов в широком интервале температур окружающей среды и при понижении напряжения источника питания до номинального напряжения стабилизации стабилитрона.

Усилитель НЧ приемника четырехкаскадный с непосредственной связью между каскадами и бестрансформаторным выходом. Выполнен он на шести транзисторах *Т12—Т18* с различным типом проводимости. В каскад, выполненный на транзисторе *Т12*, включены цепочки, позволяющие производить плавную, раздельную регулировку тембра по низшим и высшим звуковым частотам. Тембр регулируется переменными резисторами *R38* (низшие частоты) и *R41* (высшие частоты).

Усилитель НЧ охвачен несколькими цепями отрицательных обратных связей. Основной из них является отрицатель-

ная обратная связь по постоянному току, напряжение которой снимается с выхода усилителя и через резистор *R47* подается на эмиттер транзистора *T13*. В усилителе имеется еще и положительная обратная связь, напряжение которой с выхода усилителя подается на базы транзисторов *T15* и *T16*.

Автоматическая симметрия напряжений на коллекторах транзисторов выходного каскада достигается следующим образом.

Эмиттер транзистора *T13* через резистор *R47* подключен к коллекторам транзисторов *T17* и *T18*. На базе транзистора *T13* с помощью делителя *R42-R43* поддерживается напряжение, пропорциональное напряжению источника питания. Таким образом, напряжение между базой и эмиттером транзистора *T13* определяется соотношением напряжения питания и потенциала коллекторов транзисторов *T17*, *T18*. Это позволяет при налаживании усилителя, изменяя сопротивление резистора *R42*, установить на коллекторах выходных транзисторов напряжение, равное половине напряжения батареи питания. В дальнейшем всякое отклонение коллекторного напряжения транзисторов *T17*, *T18* от этого значения вызовет изменение смещения транзистора *T13*, компенсирующее это отклонение. Как показали испытания, симметрия напряжений на коллекторах транзисторов оконечного каскада полностью сохраняется при изменении напряжения питания от 9 до 4 В.

Конструкция приемника. Узлы приемника смонтированы на отдельном шасси (рис. 3).

Усилитель НЧ, усилитель ПЧ и высокочастотная часть приемника собраны на плате размерами 101 × 185 мм, изготовленной из стеклотекстолита толщиной 2 мм (рис. 4). Отверстия диаметром 1,8 мм предназначены для установки пустотелых пистонов, служащих опорными точками при монтаже радиодеталей. Четыре отверстия диаметром 3,5 мм используются для крепления платы к шасси приемника. Семь отверстий диаметром 6 мм проходные и используются во время настройки контуров ПЧ и ФСС. В отверстиях диаметром 2,1 мм также развальцовывают пустотелые пистоны и в них (со стороны размещения деталей) впаивают контактные штырьки длиной 6—8 мм от малогабаритных штепсельных разъемов. В отличие от плат, используемых в приемниках «ВЭФ-Спидола-10», «ВЭФ-12» и «ВЭФ-201», плата описываемого приемника имеет съемную конструкцию.

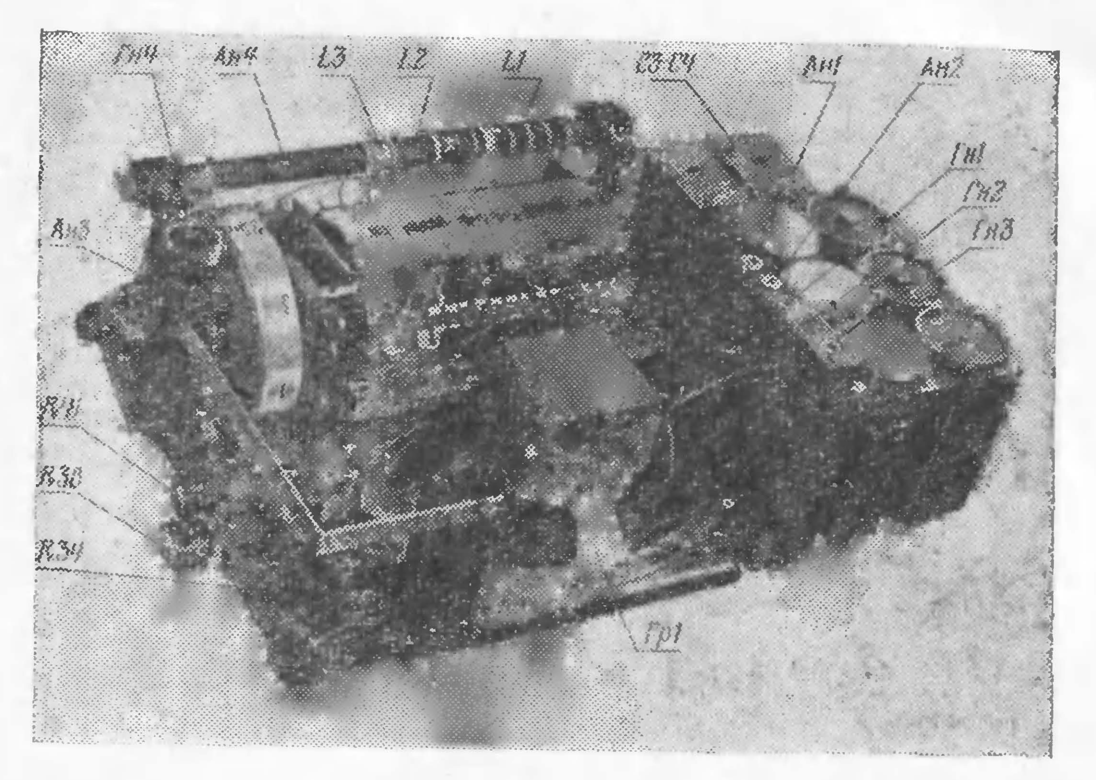


Рис. 3. Конструкция радиоприемника

Размещение деталей на монтажной плате показано на рис. 5. При монтаже платы следует учесть, что детали, расположенные в ее центральной части, необходимо монтировать как можно ниже, чтобы они не мешали магнитной системе громкоговорителя. То же самое относится и к транзистору *T15*, мешающему свободному вращению лимба на оси переключателя диапазонов. С этой же целью необходимо несколько укоротить или подогнуть выводы *1*, *2* и *3* контактной гребенки, мешающие установке конденсаторов *C47* и *C53*.

Плата со стороны монтажных соединений показана на рис. 6. Соединения, обозначенные на рисунке пунктирными линиями и стрелками, выполнены тонким многожильным монтажным проводом в изоляции, а все остальные соединения — голым луженым или посеребренным проводом диаметром 0,5—0,8 мм.

Съемная контактная колодка изготовлена из эбонита, органического стекла или другого изоляционного материала (рис. 7). Контакты впрессованы в обойму с помощью разогретого паяльника.

Стационарная контактная колодка (рис. 8) состоит из двух частей: крепежной шины из мягкой стали или латуни толщиной 1,5 мм и обоймы из изоляционного материала.

2 1401

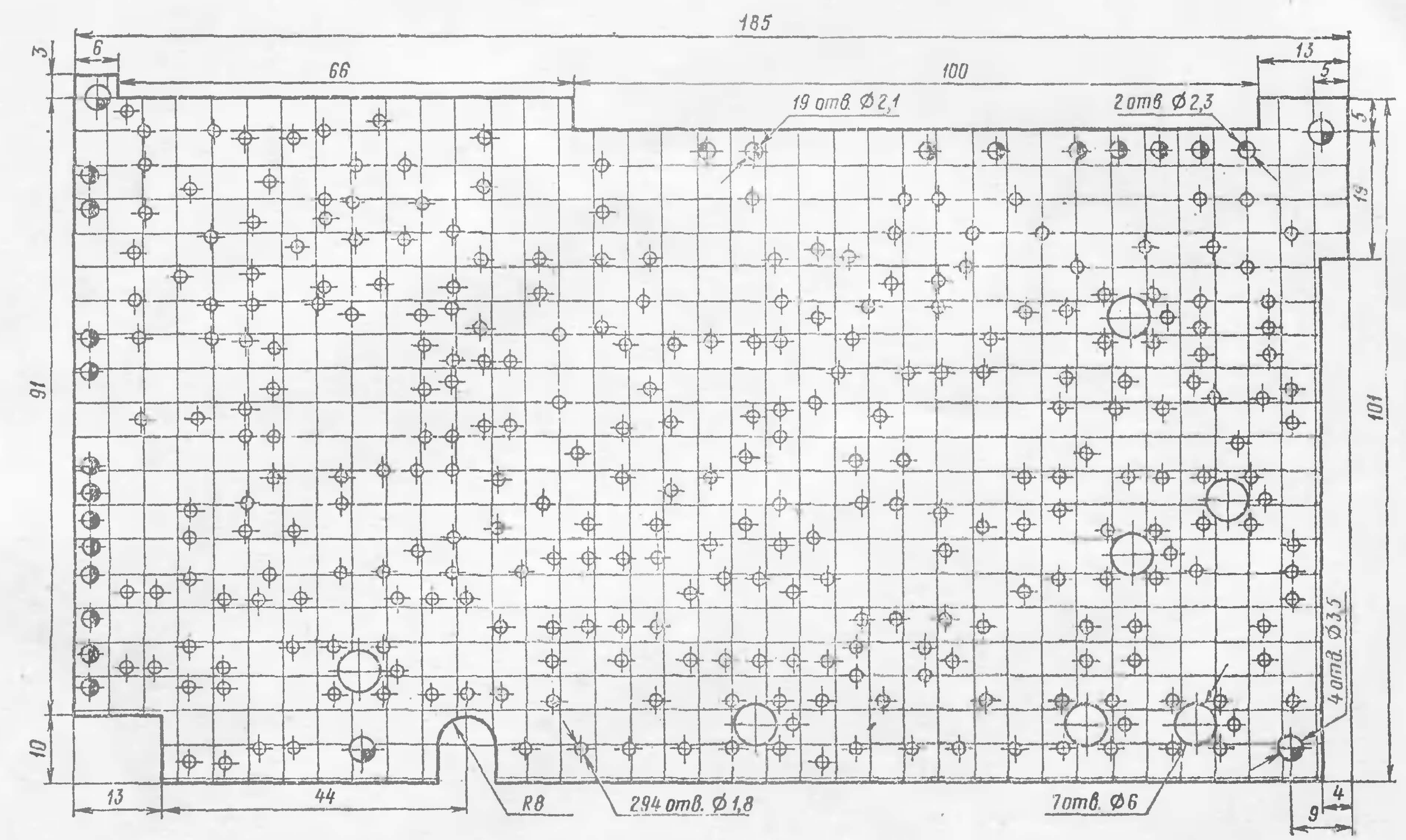


Рис. 4. Разметка монтажной платы приемника

Рис. 5. Размещение деталей на монтажной плате

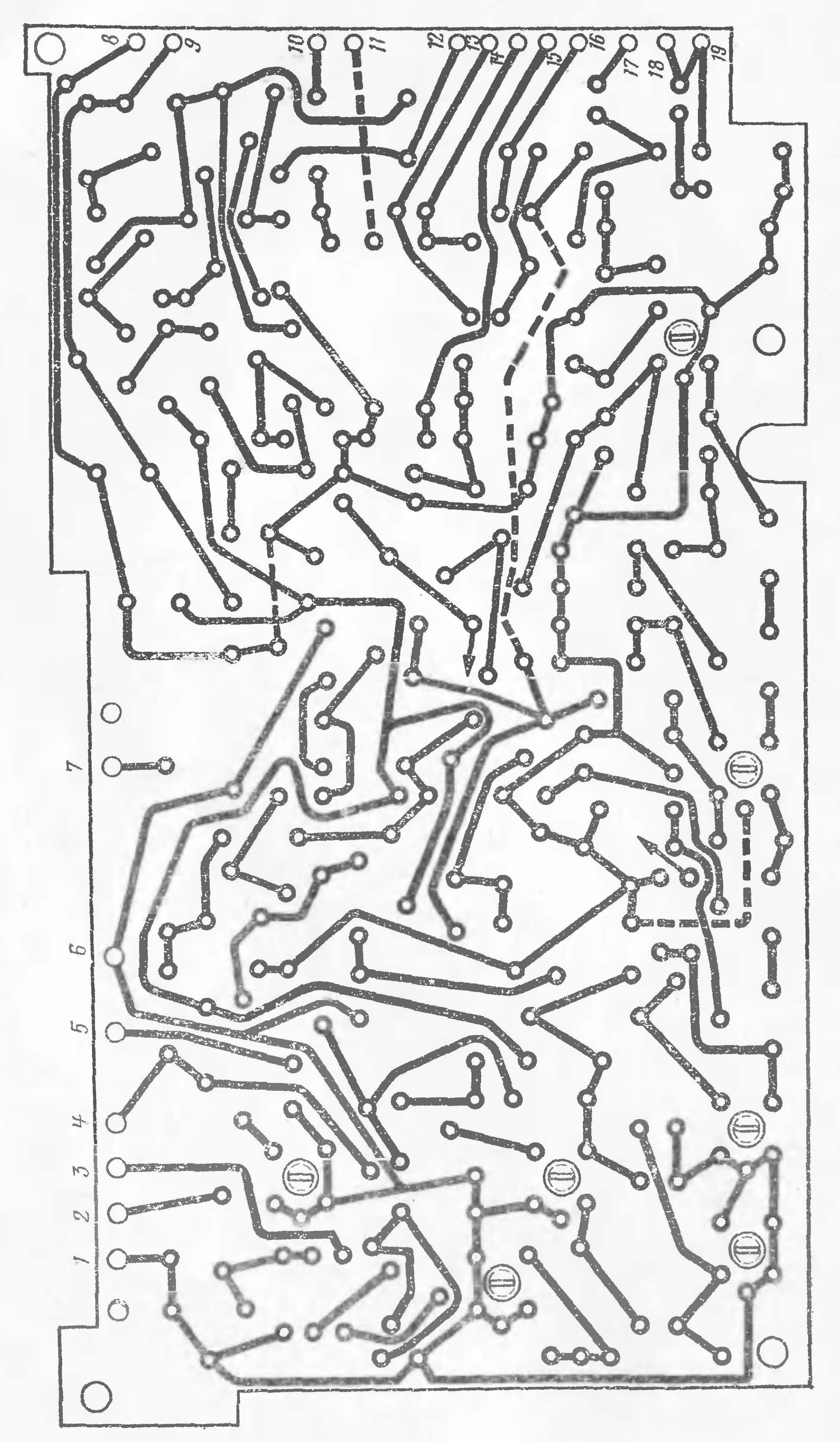


Рис. 6. Вид со стороны монтажных соединений

Обойма с впрессованными трубчатыми контактами крепится к шине с помощью трех винтов 2М2×10 мм.

Ввиду дефицитности контуров ПЧ и ФСС приемников «ВЭФ-Спидола-10», «ВЭФ-12» и «ВЭФ-201» они могут быть выполнены на базе имеющихся в продаже контуров ПЧ приемников «Соната-201», «Рига-301», «Сокол», «Меридиан» и других распространенных промышленных приемников, имеющих стандартные ферритовые сердечники марки 600НН с диаметром получашек 8,6 мм и подстроечным сердечником длиной 12—14 мм, диаметром 2,8 мм из феррита той же марки (600НН). В описываемой конструкции использованы контуры ПЧ от приемника «Соната». Ввиду того что конструкция контуров ПЧ приемника «ВЭФ-12» отличается расположением резьбовой части, в конструкцию используемых контуров необходимо внести некоторые изменения. Измененная конструкция контура ПЧ от приемника «Соната» приведена на рис. 9. В нее добавлена новая деталь — колпачок, изготовленный из органического стекла, а резьбовая втулка *6* (в «Сонате» устанавливается на месте колпачка) перевернута и установлена в нижней части основания *8*. Отверстие диаметром 3,5 мм в этом основании необходимо рассверлить до 5,5 мм или, вклеив резьбовую втулку *6* в основание, нарезать в нем новое резьбовое отверстие М5×0,5 мм.

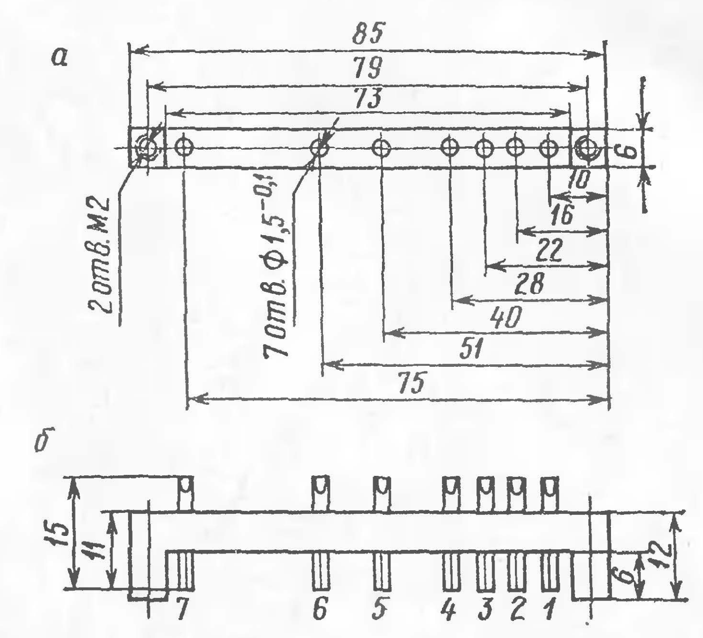


Рис. 7. Съемная контактная колодка:

а — обойма колодки, эбонит, 1 шт.; *б* — колодка в сборе; *1*—*7* — трубчатые контакты, диаметр 1,5 мм, запрессовать в колодку, 7 шт.

Таким образом, в измененном контуре подстройка сердечника производится так же, как и у приемников Рижского завода ВЭФ — со стороны монтажной платы. Следует учесть, что на монтажной плате (см. рис. 4) для контуров ПЧ и ФСС дана разметка под измененные контуры с размерами между выводами катушек 7×7 мм. При использо-

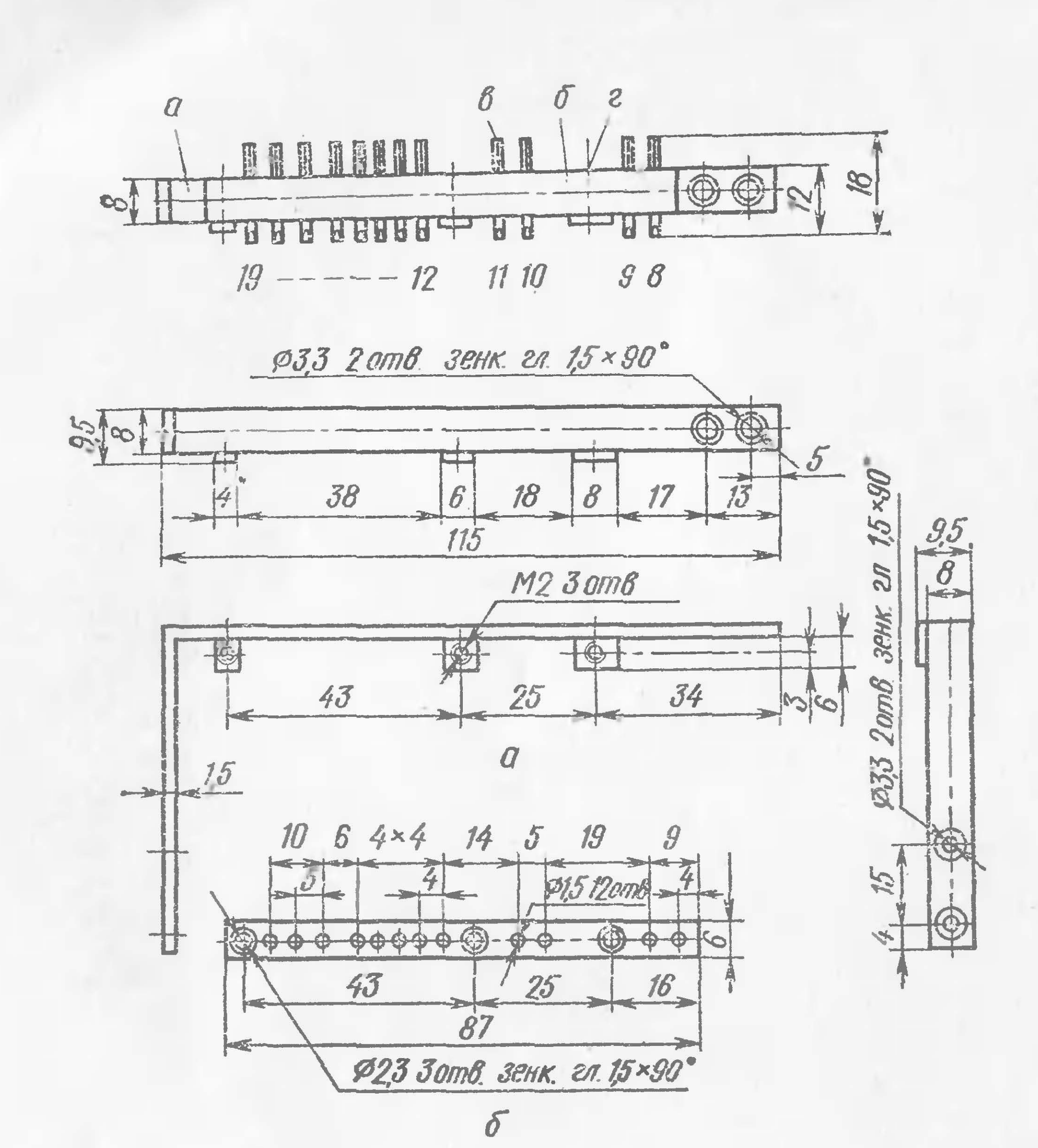


Рис. 8. Стационарная контактная колодка:

а — крепежная шина, сталь Ст10, 1 шт.; *б* — обойма, эбонит, 1 шт.; *в* — трубчатые контакты, 12 шт.; *г* — винт 2М2х10, 3 шт.

вании стандартных контуров от приемников «ВЭФ-Спидола-10», «ВЭФ-12» и «ВЭФ-201», имеющих несколько большие размеры, размеры отверстий необходимо изменить на 8×8 мм.

В любительском супергетеродине входные и гетеродинные контуры выполнены по схеме аналогичных контуров приемника «ВЭФ-12», что позволило использовать готовый барабанный переключатель.

Намоточные данные всех катушек индуктивности приемника приведены в таблице.

Детали. Кроме перечисленных, в приемнике применены следующие детали: резистор *R34* — ТКД-а-100к-В-0,25; *R38* и *R41* — СП3-4А; остальные резисторы — МЛТ-0,125,

МЛТ-0,25 или УЛМ-0,12; электролитические конденсаторы *С25*, *С36*, *С48*, *С56* — ЭМН; *С39*, *С41* — *С44*, *С47*, *С51*, *С53* и *С54* — К50-6; постоянные конденсаторы *С1*, *С2*, *С5*, *С7*, *С11*, *С18*—*С24*, *С28*, *С33*, *С58*, *С59*, *С61*—*С92*—КТ-1а, КТ-2а, КСО-1; конденсаторы *С6*, *С8*, *С10*, *С12*, *С26*, *С27*, *С29*—*С32*, *С34*, *С35*, *С37*, *С38*, *С40*, *С45*, *С49*, *С52*—КЛС; конденсаторы *С9*, *С13*—*С17*, *С46*, *С50*—МБМ; подстроечные конденсаторы *С57* и *С60*—КПК-МН; лампочки для подсветки шкалы *Л1* и *Л2* — МН-2,5В × 0,068А. Для регулировки тембров использованы ручки от телевизора «Ладога-205» с самодельными переходными втулками из дюраля. Все остальные механические детали использованы от приемника «ВЭФ-12».

Рис. 9. Измененная конструкция контура ПЧ:

1 — колпачок; *2* — каркас катушки; *3* — обмотка катушки; *4* — чашки сердечника; *5* — экран; *6* — резьбовая втулка; *7* — подстроечный сердечник с резьбовым колпачком; *8* — основание; *9* — выводы катушек; *10* — вывод экрана

Налаживание. Перед налаживанием собранного приемника проверяют правильность монтажа и измеряют режимы транзисторов по постоянному току. Проверка монтажа производится согласно рис. 5.

В первую очередь проверяют режимы транзисторов усилителя НЧ. Поскольку транзисторы усилителя НЧ (*Т13*—*Т18*) связаны между собой по постоянному току, их режим работы может быть скорректирован подбором сопротивления лишь одного резистора *R42*. Подбирается оно с учетом получения в общей точке (коллекторы транзисторов *Т17*, *Т18* и эмиттеры транзисторов *Т15*, *Т16*) напряжения, равного половине напряжения батареи питания, т. е. 4,5 В.

Далее проверяют режим работы стабилизатора (транзистор *Т4*). Его режим корректируют, подбирая сопротив-

Таблица

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность, мкГ	Сердечник
L1	13 + 13 + 13 + 13	ЛЭШО 10×0,07	250	600НН
L2	5	ПЭЛШО 0,18	—	d = 10 мм
L3	30	ПЭВ-1 0,12	—	l = 160 мм
L4	170	ПЭВ-1 4×0,06	660	600НН d = 8,6 мм l = 4 мм
L5	19,5 + 50,5	ПЭВ-1 7×0,06	118	То же
L6	70	ПЭВ-1 7×0,06	118	»»
L7	70	ПЭВ-1 7×0,06	118	»»
L8 *L9*	75 4	ПЭВ-1 7×0,06 ПЭЛШО 0,1	120 —	»»
L10 *L11*	75 10	ПЭВ-1 7×0,06 ПЭЛШО 0,1	120 —	»»
L12 *L13*	75 110	ПЭВ-1 0,1 ПЭВ-1 0,1	120 —	»»
L14 *L15*	25 × 3 + 10 + 15 10	ПЭВ-1 4×0,06 ПЭЛШО 0,18	120 —	На 4-секционном каркасе
L16 *L17*	23 + 4 3	ПЭЛШО 0,1 ПЭЛШО 0,18	7,0 —	На каркасе d=6 мм
L18 *L19*	2 21 + 14	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,1	— 10,6	То же
L20 *L21*	4 + 16 3	ПЭЛШО 0,1 ПЭЛШО 0,18	4,6 —	»»
L22 *L23*	3 17 + 8	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,1	— 7,0	»»
L24 *L25*	10 + 5 3	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,18	2,4 —	»»

Продолжение табл.

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Индуктивность, мкГ	Сердечник
L26 *L27*	3 12 + 10	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,18	— 4,7	На каркасе d=6 *мм*
L28 *L29*	3 + 9 3	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,18	1,8 —	То же
L30 *L31*	3 10 + 6	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,18	— 2,7	»»
L32 *L33*	2 + 9 3	ПЭЛШО 0,38 ПЭЛШО 0,18	0,9 —	»»
L34 *L35*	3 7 + 4	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,38	— 0,9	»»
L36 *L37*	2 + 7 3	ПЭЛШО 0,38 ПЭЛШО 0,18	0,7 —	»»
L38 *L39*	3 6 + 3	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,38	— 0,7	»»
L40 *L41*	3 + 4 3	ПЭЛШО 0,38 ПЭЛШО 0,18	0,5 —	»»
L42 *L43*	3 4 + 3	ПЭЛШО 0,18 ПЭЛШО 0,38	— 0,5	»»

Примечание. Катушка *L1* намотана на одном каркасе с *L2*. Катушки *L3—L15* имеют подстроечный сердечник из феррита 600НН диаметром $d = 2,8$ мм и длиной $l = 14$ мм; остальные катушки имеют подстроечный сердечник из феррита 100НН диаметром $d = 2,8$ *мм* и $l = 12$ мм.

ления резисторов *R16* и *R18*. Затем последовательно измеряют режимы остальных транзисторов. Режим транзистора *T1* устанавливается подбором сопротивления резистора *R8*, транзистора *T2* — *R14*, *T3* — *R7*, *T5* и *T6* — *R22*, *T7* и *T8* — *R27*, *T9* и *T10* — *R31*, *T12* — *R35*.

Усилитель НЧ приемника развивает мощность 250 мВт при входном напряжении 30 мВ и эффективном напряжении на нагрузке 8 Ом, равном 1,42—1,43 В. Для измерения выходного напряжения параллельно звуковой катушке гром-

коговорителя подключают высокоомный измеритель выхода или милливольтметр переменного тока. Регулятор громкости устанавливают в положение, соответствующее максимальной громкости, а регуляторы тембров — в режим полного усиления. Высокоомный выход ГСС через дополнительный разделительный конденсатор емкостью 0,02—0,05 мкФ подключают к аноду диода *Д3*. На ГСС устанавливают частоту генерации 465 кГц, частоту модуляции 1000 Гц, глубину модуляции 30%. Если усилитель НЧ и детектор собраны правильно и из исправных деталей, то при выходном напряжении, равном 1,4—1,43 В, напряжение, подаваемое с ГСС, должно составлять 150—200 мВ, что соответствует напряжению 30 мВ на входе УНЧ. Всякие отклонения от этого значения могут свидетельствовать о неисправности проверяемых каскадов.

Настройка контуров ПЧ — один из ответственных этапов налаживания приемника. От того, насколько точно настроены фильтры ПЧ, во многом зависят чувствительность приемника и его избирательность по соседнему каналу. На данном этапе налаживания используется низкоомный выход ГСС с выносным декадным делителем напряжения. Измеритель выхода по-прежнему должен быть подключен к звуковой катушке громкоговорителя.

Настройку начинают с контура *L12 C33*. Напряжение 5 мВ с выхода ГСС подают на базу транзистора *T7* через конденсатор емкостью 0,01 мкФ. Вращая подстроечный сердечник катушки фильтра *L12 C33*, добиваются максимальных показаний измерителя выхода. Далее настраивают фильтр ПЧ *L10 C28*. Здесь выходное напряжение генератора уменьшают до 200—250 мкВ и подают его на базу транзистора *T5* описанным выше способом. Настройку также производят по максимуму выходного напряжения, но уже сердечником катушки *L10*.

ФСС настраивают путем последовательной подстройки сердечников катушек *L8*, *L7*, *L6* и *L5*. Напряжение с выхода ГСС в этом случае подают на базу транзистора *T2* и контролируют на выходе приемника по максимуму напряжения. При этом следует учитывать, что из-за действия внутренней обратной связи транзисторов подключение генератора к их базам приводит к некоторой расстройке контуров, включенных в коллекторные цепи; поэтому после настройки ФСС желательно произвести коррекцию настройки контуров *L12 C33* и *L10 C28*.

При правильно настроенном тракте ПЧ усилитель НЧ должен развивать номинальную мощность при напряжении с ГСС порядка 10 мкВ.

Налаживание тракта ПЧ заканчивают настройкой последовательного резонансного контура *L4 C11* на частоту 465 кГц, для чего напряжение с ГСС порядка 2—3 мкВ подают на базу транзистора *T1* через тот же разделительный конденсатор. Причем контур настраивают по минимуму напряжения на выходе приемника.

Окончательное налаживание приемника начинают с настройки контуров гетеродина, т. е. с установки граничных частот диапазонов, и заканчивают сопряжением входных и гетеродинных контуров.

Методика установки границ диапазонов и сопряжения контуров неоднократно приводилась в журнале «Радио» и другой радиолюбительской литературе (см. статью автора в сборнике «В помощь радиолюбителю», выпуск 44).

Стабилизированный выпрямитель. При эксплуатации приемника в стационарных условиях он может питаться от стабилизированного транзисторного выпрямителя (рис. 10).

Принципиальная схема выпрямителя приведена на рис. 11. Его входная цепь состоит из гнезд *Гн1* и *Гн2*, переклю-

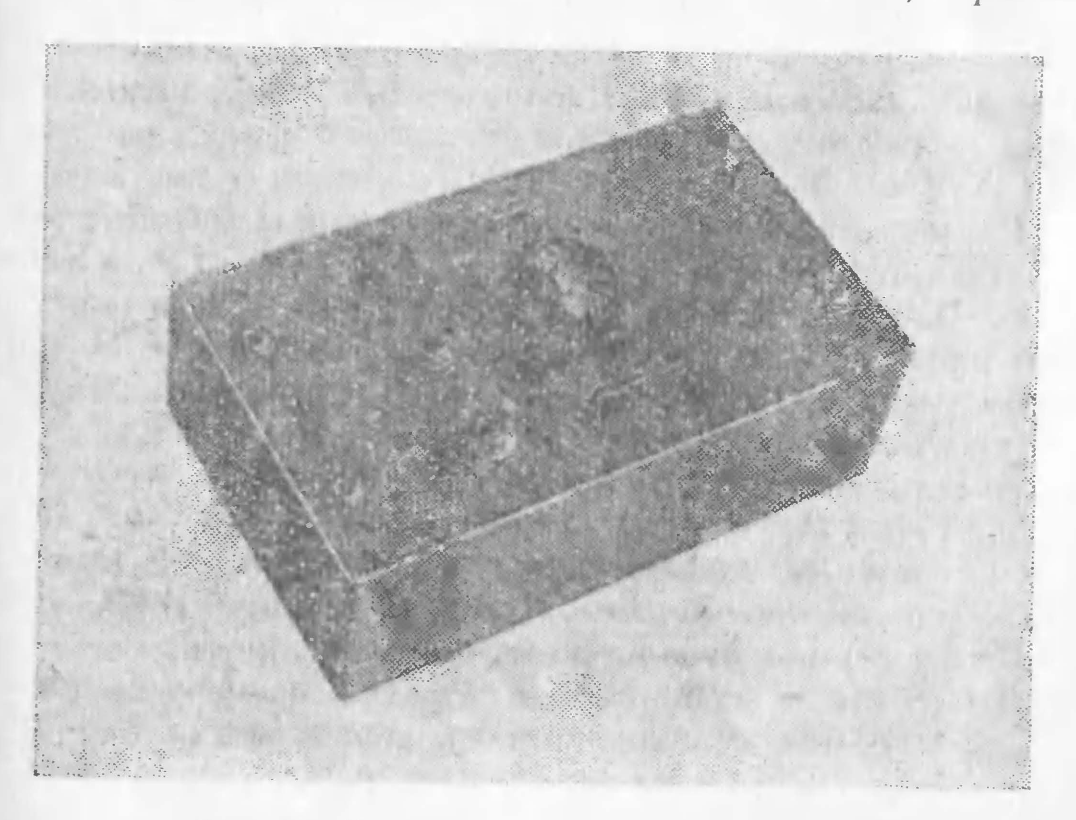


Рис. 10. Стабилизированный выпрямитель

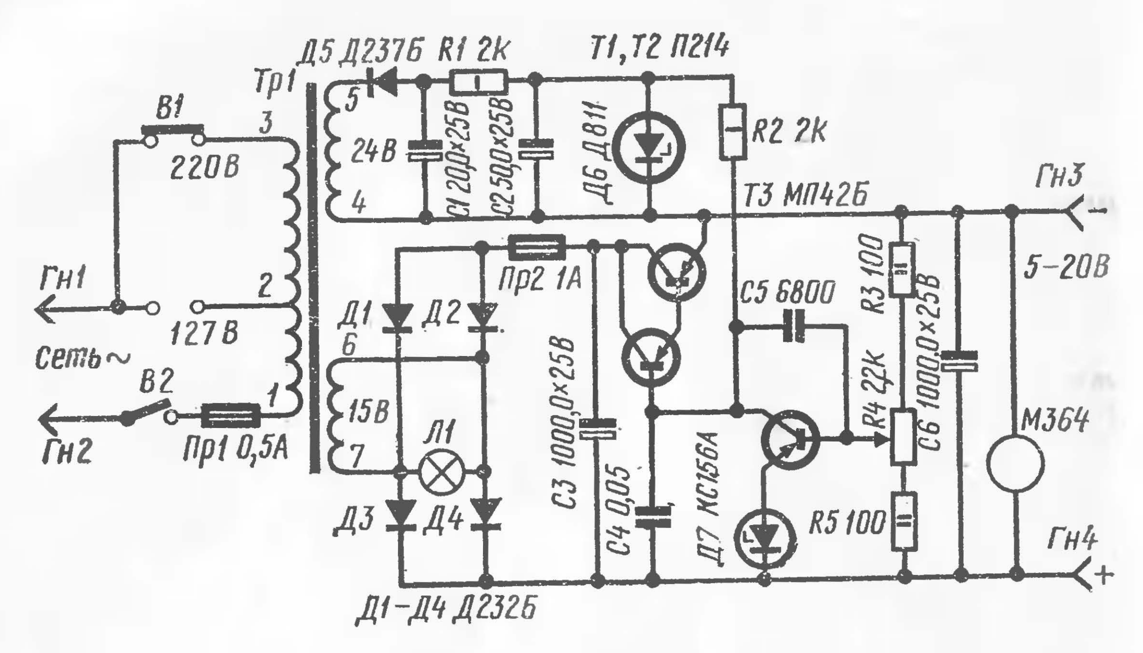


Рис. 11. Принципиальная схема стабилизированного выпрямителя

чателя напряжения сети *В1*, сетевого выключателя *В2* и предохранителя *Пр1* на 0,5 А.

Силовой понижающий трансформатор *Тр1* выпрямителя выполнен на тороидальном сердечнике ОЛ 32/54 из ленточной стали марки ХВП; толщина набора 22 мм. Можно использовать и обычный Ш-образный сердечник из трансформаторной стали Ш20; толщина набора 30—40 мм. Однако в этом случае увеличатся общие размеры выпрямителя. Первичная обмотка *1-2-3* содержит 577 + 423 витков провода ПЭВ-2 0,2. Обмотки *4—5* и *6—7* намотаны проводом ПЭВ-2 0,49 и содержат 115 и 70 витков соответственно.

В выпрямителе используются резисторы *R1*, *R2*, *R3* и *R5* типов МЛТ-1 и МЛТ-2; конденсаторы *С1* и *С2* — К50-6; *С4*—МБМ, *С5*—КЛС, *С3*, *С6* — К50-6 или ЭГЦ и переменный проволочный резистор *R4* типа СП5-10Т 5Вт. Индикатором выходного напряжения служит малогабаритный вольтметр постоянного тока М364, который можно заменить вольтметром любого типа со шкалой на 20—25 В. Выходные гнезда *Гн3* и *Гн4* служат для подключения нагрузки. Переключателем *В1* может служить двухполюсный тумблер ТП3-2, а выключателем *В2* — ТВ2-1 или ТП2-2. Диод КС156А (*Д7*) аналогов не имеет и не заменяется.

Выпрямитель собирают в корпусе размерами 130 × × 222 × 70 мм, выполненном из дюралюминия толщиной 2 мм (рис. 12). На верхней крышке, изготовленной из стеклотекстолита толщиной 2 мм, укреплены входные и выходные гнезда, переключатель *В1*, выключатель *В2*, предохранители *Пр1* и *Пр2*, патрон с лампочкой *Л1*, переменный резистор *R4* и индикатор выходного напряжения.

Остальные детали смонтированы на нижней плате (основании), также изготовленной из стеклотекстолита толщиной 2 мм. В верхней части платы укреплены трансформатор *Тр1*, транзисторы *Т1* и *Т2* на теплоотводах, изготовленных из дюралюминия размерами 10×30× 40 мм, а также монтажные платы (правая и левая) с радиодеталями. На правой плате (30×65 мм) смонтированы конденсатор *С1*, резистор *R1*, конденсатор *С2*, диод *Д6* и резистор *R2*; на левой (30 × 75 мм) — резисторы *R5* и *R3*, диод *Д7*, транзистор *Т3*, конденсаторы *С5* и *С4*. Обе платы прикреплены к стеклотекстолитовому основанию угольниками, установленными по краям плат. Конденсатор *С6* с помощью скобы из дюралюминия прикреплен к основанию в горизонтальном положении. Диоды *Д1—Д4* и конденсатор *С3* смонтированы на плате размерами 50 × 100 мм, которая

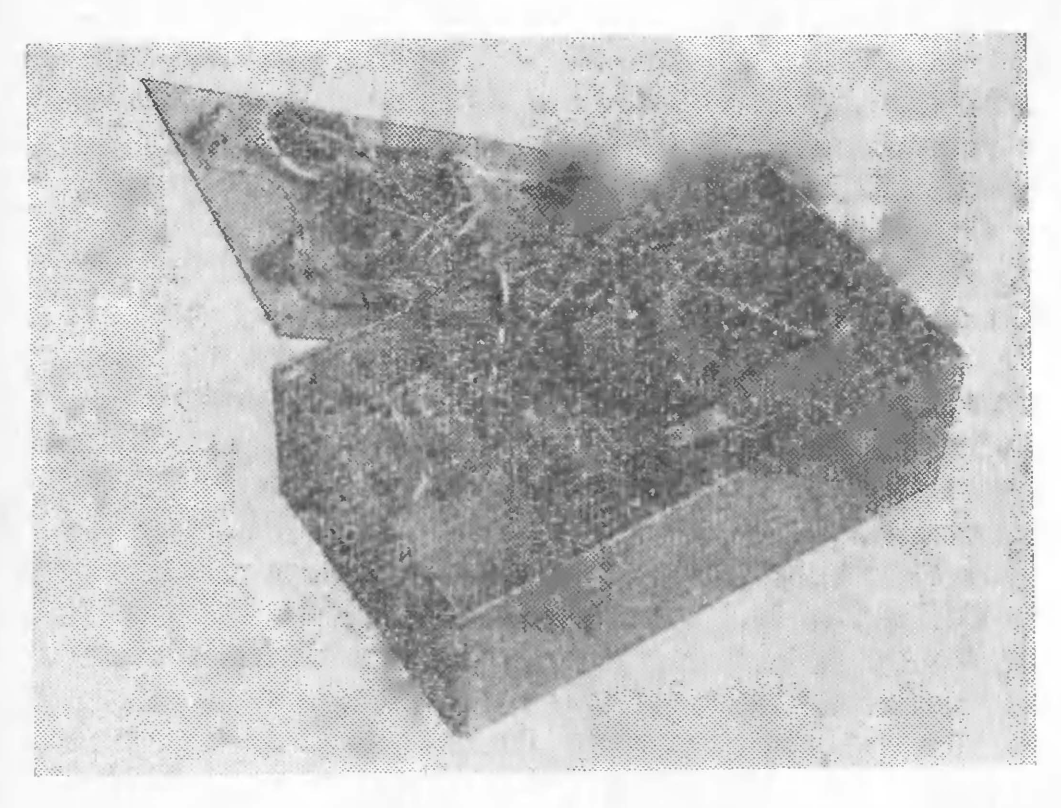


Рис. 12. Конструкция стабилизированного выпрямителя

крепится к основанию тремя резьбовыми колонками. Нижняя плата (основание) соединена с верхней крышкой при помощи шести резьбовых колонок.

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

В. Шушурин

Усилитель предназначен для высококачественного воспроизведения стереофонических и монофонических программ от магнитофона, радиоприемника, телевизора, пьезоэлектрического и электромагнитного звукоснимателей. Выходная мощность усилителя 2 ×20 Вт при коэффициенте нелинейных искажений не более 0,5%. Чувствительность со входа электромагнитного звукоснимателя 3 мВ при входном сопротивлении 47 кОм, с остальных входов — 250 мВ при входном сопротивлении 1 МОм. Выходное сопротивление усилителя 0,3 Ом. Полоса рабочих частот по электрическому каналу 20—20 000 Гц, при неравномерности частотной характеристики 0,5 дБ; по звуковому давлению — 40—18 000 Гц, при неравномерности частотной характеристики 8 дБ. Пределы регулировки тембра на частоте 40 Гц ± 18 дБ; на частоте 18 000 Гц ± 14 дБ. Динамический диапазон 70 дБ, при номинальном входном напряжении 250 мВ. Пределы регулировки стереобаланса в каждом канале не менее 6 дБ. Рассогласование стереофонических каналов по чувствительности и по частотным характеристикам не более 1,5 дБ. Переходное затухание между каналами не менее 40 дБ.

Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 127 и 220 В. Размеры его 435×258×127 мм.

Принципиальная схема. Стереофонический усилитель (рис. 2) состоит из двух идентичных каналов, каждый из которых содержит четыре функционально законченных блока *Б2—Б5*. Общими для обоих каналов являются генератор стереобаланса *Б1* и стабилизированный выпрямитель *Б6* (на рис. 2 не показан).

При работе от магнитофона, радиоприемника, телевизора или пьезоэлектрического звукоснимателя входной сигнал с разъемов *Ш2* и *Ш3* поступает непосредственно на вход

предварительного усилителя НЧ (*Б3*), а при работе от электромагнитного звукоснимателя с разъема *Ш1* входной сигнал дополнительно проходит через усилитель коррекции (*Б2*).

Регуляторы тембра построены по стандартной схеме. Спаренные переменные резисторы *R3* и *R3'* регулируют тембр низших звуковых частот, а *R6* и *R6'* — высших. Если усиливаемый сигнал не нуждается в коррекции, регуляторы тембра могут быть отключены, а для сохранения неизменного уровня сигнала к усилителю подключаются их эквиваленты — резисторы *R1*, *R7*, *R1'*, *R7'*. Для уменьшения низкочастотных и высокочастотных шумов, возникающих при проигрывании граммофонных пластинок, служат фильтры блока *Б4*, включаемые специальными кнопками. Регуляторы громкости *R16* и *R16'* спаренные, они выполнены по схеме с тонкомпенсацией, элементами которой являются резисторы *R11—R15*, *R11'—R15'* и конденсаторы *C5—C8*, *C5'—C8'*. При необходимости цепи тонкомпенсации также могут быть отключены. Стереобаланс устанавливается резисторами *R17* и *R17'*, раздельно в каждом канале.

С выхода предварительного усилителя сигнал поступает на оконечный усилитель (*Б5*) и далее через конденсатор *C10* (*C10'*) — на разъемы для подключения акустических систем *Ш4* (*Ш6*) или стереофонических головных телефонов *Ш5*.

Блок Б1 (рис. 1) — генератор синусоидальных колебаний. Служит для объективной установки так называемой «акустической середины» и оперативного контроля прохождения сигнала через оба усилительных канала. Генератор состоит из обычного резистивного усилителя, выполненного на транзисторе *T101*, и четырехзвенной RC-цепочки, служащей для поворота фазы выходного напряжения на 180°. Оптимальный режим работы генератора устанавливается резистором *R105*. Сигнал с части коллекторной нагрузки через конденсатор *C105* и регулировочный ре-

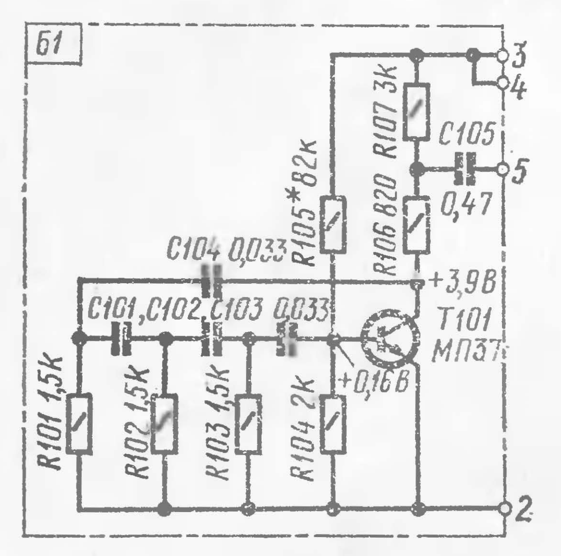
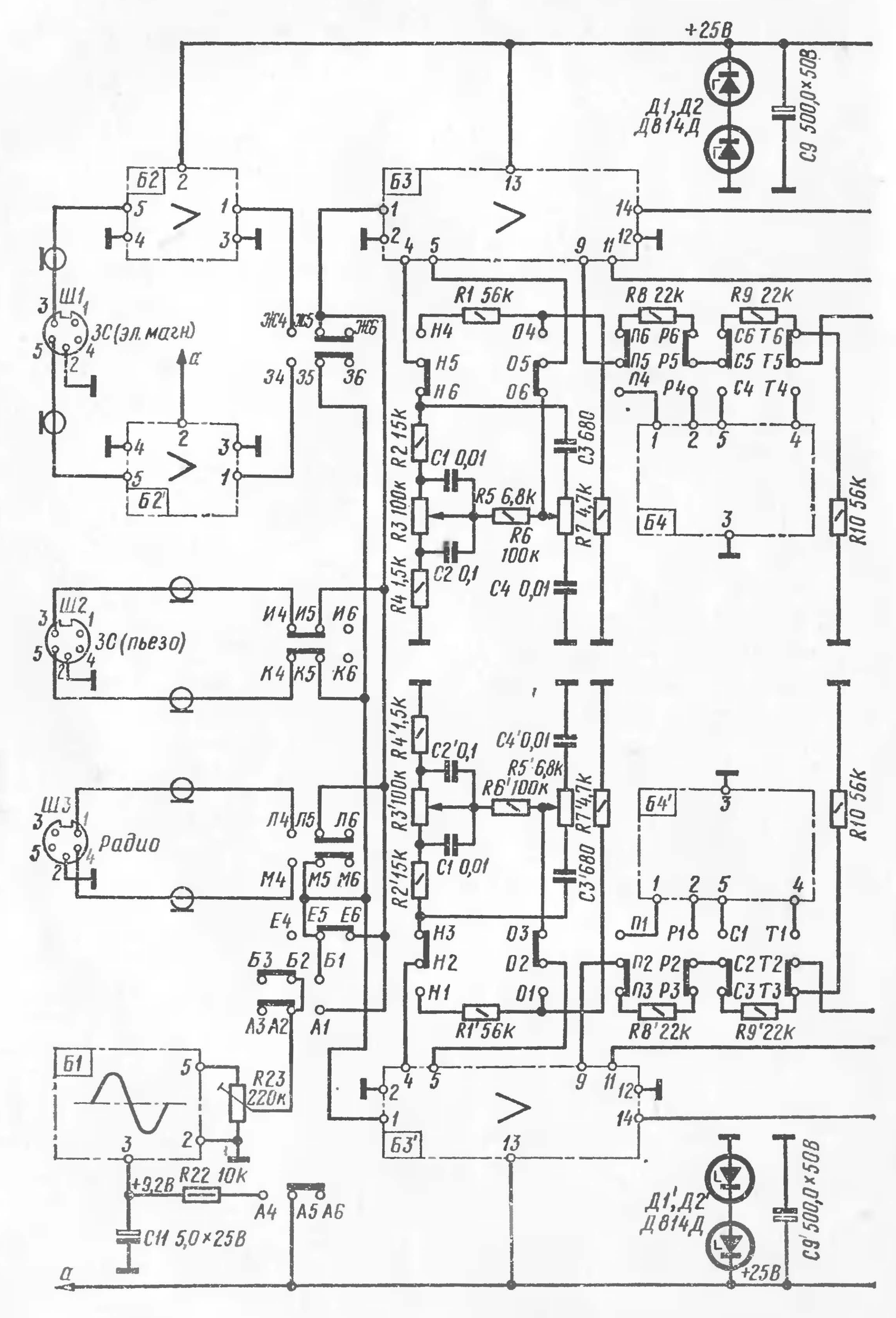


Рис. 1. Схема генератора синусоидальных колебаний (блок *Б1*)



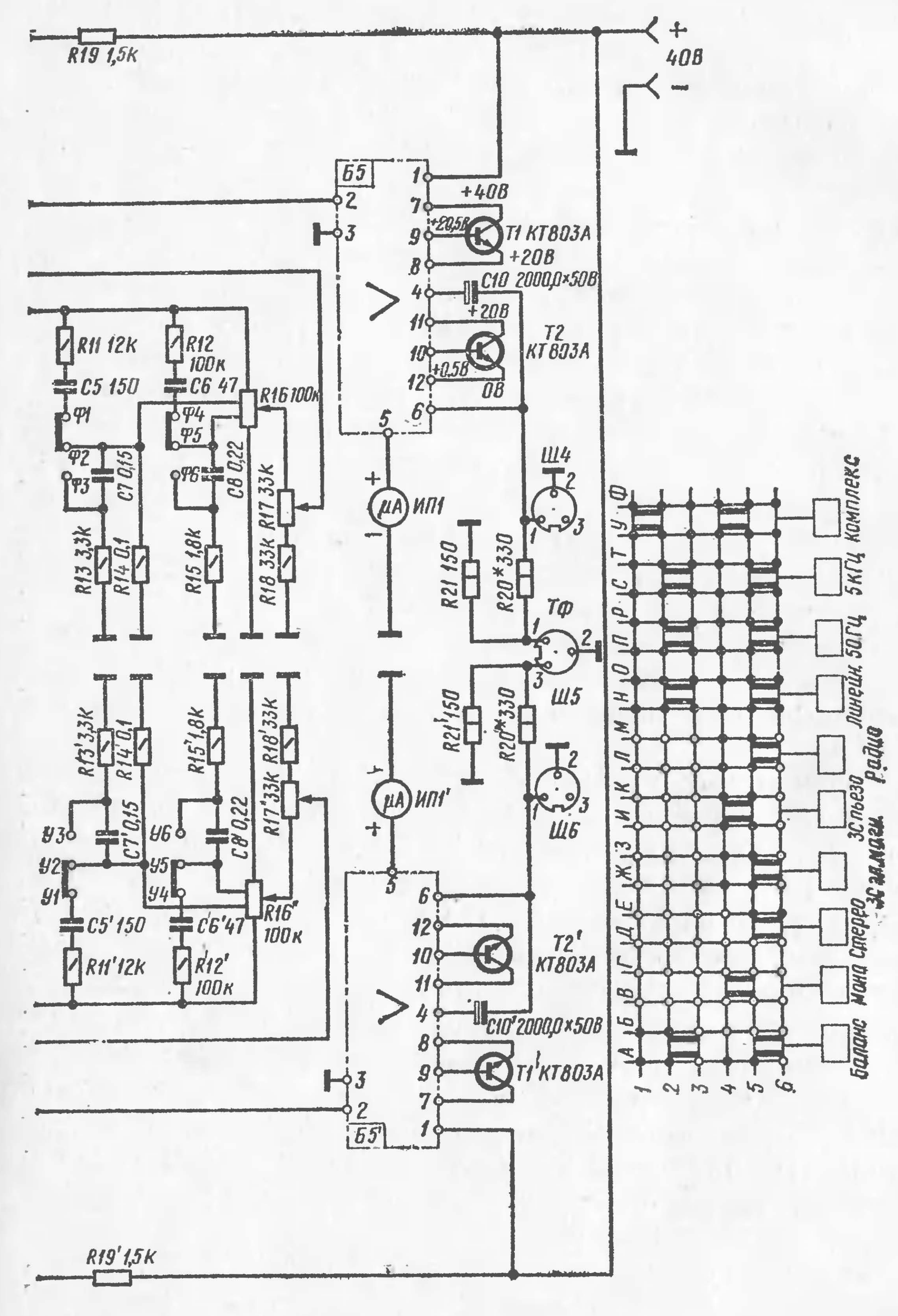


Рис. 2. Принципиальная схема усилителя

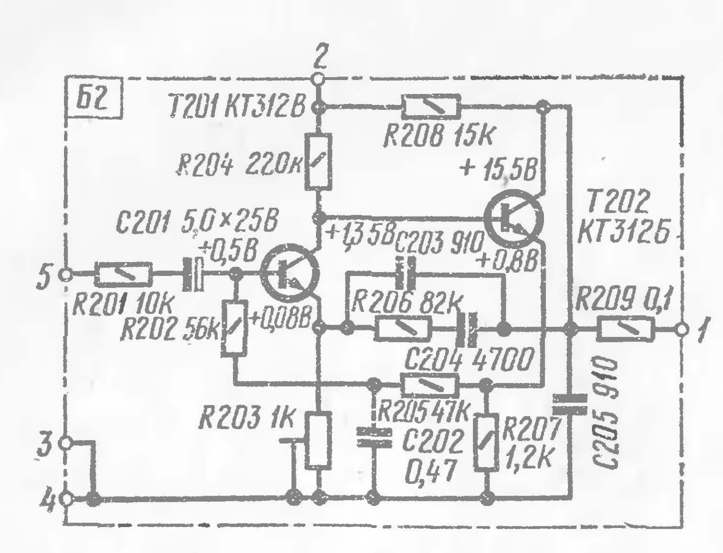


Рис. 3. Схема усилителя-корректора (блок *Б2*)

зистор *R23* (см. рис. 2) подается на контакты *А2*, *Б2* кнопки «баланс» и при нажатии последней — на оба входа усилителя. При указанных на схеме номиналах деталей рабочая частота генератора составляет 1500 Гц, потребляемый ток 1,5 мА при напряжении питания 9 В.

Блок Б2 (рис. 3) — усилитель-корректор. Используется при работе от электромагнитного звукоснимателя. Усилитель выполнен на транзисторах *Т201*, *Т202* по схеме с общим эмиттером и непосредственной связью между каскадами. Применение непосредственной связи резко снижает частотные и фазовые искажения усиливаемого сигнала. С целью уменьшения уровня собственных шумов первый каскад работает при очень низком коллекторном напряжении и токе ($U_к$ = = 1,35 В; $I_к$ = 100 мкА). Отсутствие резистора между коллектором и базой транзистора *Т201* благоприятно и с точки зрения шумовых характеристик. Усилитель охвачен двумя цепями отрицательной обратной связи. Рабочая точка стабилизируется цепью обратной связи между эмиттером транзистора *Т202* и базой транзистора *Т201*. Для коррекции частотной характеристики служит цепь обратной связи *R206*, *С203*, *С204* между выходом второго каскада усилителя и эмиттером транзистора *Т201*. Дополнительный завал частотной характеристики в области высших частот создается за счет шунтирования выхода усилителя конденсатором *С205*. С помощью резистора *R203* устанавливается номинальная чувствительность усилителя. Усилитель питается от источника напряжением + 25 В, потребляя ток 0,7 мА.

Блок Б3 (рис. 4) — предварительный усилитель напряжения. Служит для повышения напряжения до уровня, достаточного для работы мощного выходного каскада, а также для компенсации потерь усиления, вносимых цепями частотной коррекции. Усилитель выполнен на транзисторах *Т301—Т305*. Первый каскад (*Т301*) построен по схеме эмиттерного повторителя, что необходимо для согласования высокоомного выхода источника сигнала со сравнительно низкоомным входом предварительного усилителя. Для подачи смещения на базу транзистора *Т301* применена схема с нейтрализацией, в которой используется дополнительная развязывающая RC-цепочка *R301 С302*, с помощью которой элементы цепи смещения включаются в цепь обратной связи по переменному току. Поскольку выходное напряжение эмиттерного повторителя имеет примерно ту же величину, что и входное, действительная разность напряжений на резисторе *R301* очень мала, чем и определяется, в конечном счете, высокое входное сопротивление каскада. Выбор же конденсатора *С302* достаточно большой емкости и транзистора *Т301* с большой граничной частотой f_α позволил получить практически полную независимость входного сопротивления от частоты в пределах всего звукового диапазона. Каскады на транзисторах *Т302*, *Т303* и *Т304*, *Т305* собраны по идентичным схемам. Так же, как и в схеме усилителя-корректора, для улучшения шумовых характеристик каскады на транзисторах *Т302* и *Т304* работают в режиме малых токов. Цепь отрицательной обратной связи по постоянному току между эмиттером транзистора *Т303* (*Т305*) и базой транзистора *Т302* (*Т304*) служит для жесткой стабилизации рабочих точек транзисторов, а цепь обратной связи между коллектором транзистора *Т303* (*Т305*) и эмиттером транзистора *Т302* (*Т304*) используется для линеаризации частотной

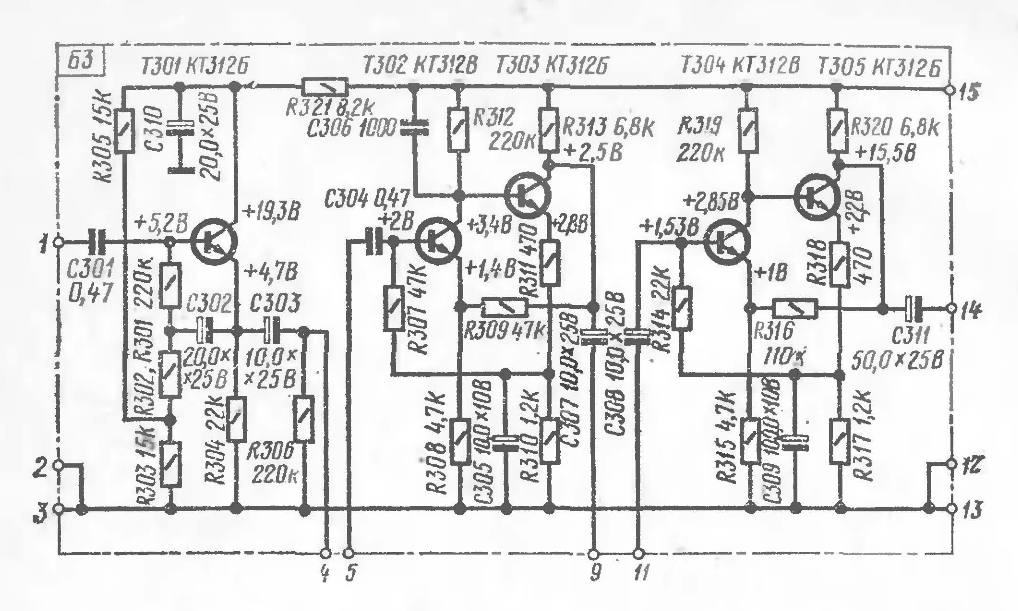


Рис. 4. Схема предварительного усилителя напряжения (блок *Б3*)

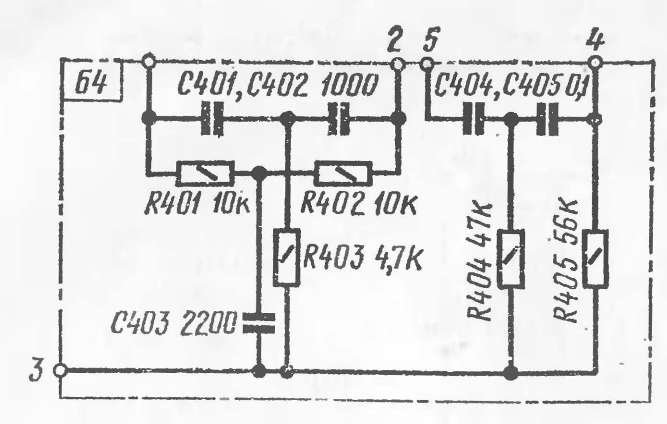


Рис. 5. Схема корректирующих фильтров (блок *Б4*)

характеристики и уменьшения коэффициента нелинейных искажений. Конденсатор *С306*, шунтирующий резистор *R312*, служит для завала частотной характеристики усилителя на частотах выше 20 кГц.

Блок Б4 (рис. 5) состоит из двух звеньев: пассивного режекторного фильтра типа двойного Т-моста (*С401—С403, R401—R403*) с частотой режекции 16 кГц и фильтра высоких частот (*С404 R404 С405 R405*) с частотой среза 50 Гц. Первое звено дает затухание порядка 14—16 дБ на частоте 16 кГц. Фильтр высоких частот срезает фон сети и подавляет все частоты ниже 50 Гц. Это позволяет значительно уменьшить влияние вибраций и шума двигателя электропроигрывающего устройства. Режекторный фильтр уменьшает высокочастотные шумы граммофонных пластинок и нескорректированных магнитофонных записей за счет подавления спектра шумов, лежащего в основном в диапазоне от 4 кГц и выше. При работе от пьезоэлектрического звукоснимателя этот фильтр корректирует его частотную характеристику, особенно в области частот 6—8 кГц, где наблюдается резкий подъем частотной характеристики.

В блок Б5 (рис. 6) входит предоконечный усилитель, работающий на мощные выходные транзисторы *Т1, Т2* (см. рис. 1). После усиления первым каскадом (*Т501*) через цепочку *С501, R505* сигнал поступает на следующий каскад, выполненный на транзисторе *Т502*. Конденсатор *С507*, включенный между базой и коллектором этого транзистора, предотвращает самовозбуждение усилителя на ультразвуковых частотах. Фазоинверсный каскад выполнен по последовательной двухтактной схеме на транзисторах *Т503, Т504* различной структуры.

Оконечный каскад *Т1, Т2* (см. рис. 1) построен по двухтактной бестрансформаторной схеме с последовательным включением транзисторов. Стабилизация тока покоя выходных транзисторов достигается при помощи диодов *Д501—Д503*, сопротивление которых и, следовательно, падение

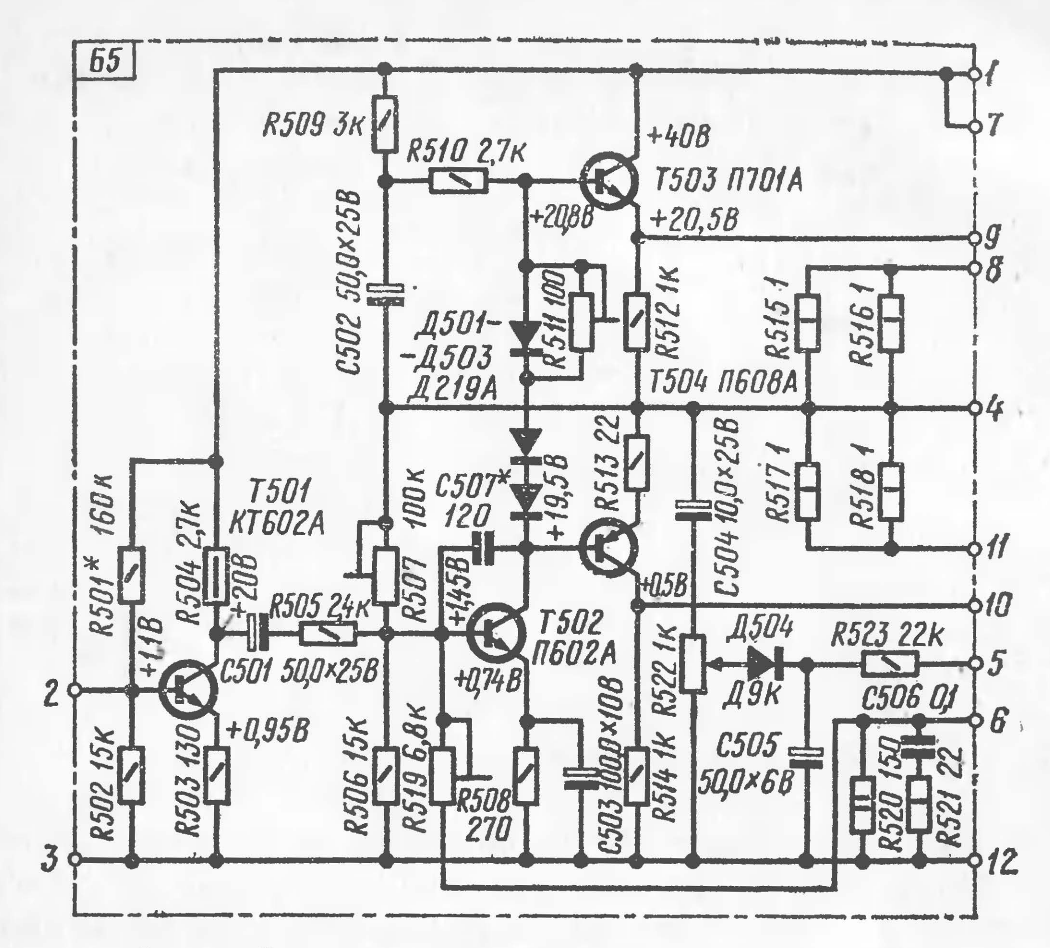


Рис. 6. Схема предоконечного усилителя (блок *Б5*)

напряжения смещения на них уменьшаются при повышении температуры. Для температурной стабилизации режима работы выходных транзисторов последовательно с ними включены резисторы *R515—R518*. Глубокая отрицательная обратная связь по переменному току, напряжение которой снимается с выхода усилителя и через резистор *R519* подается на базу транзистора *Т502*, значительно уменьшает нелинейные искажения, вызванные неидентичностью пар транзисторов *Т503, Т504* и *Т1, Т2* (см. рис. 1), а также нелинейность их входных и выходных характеристик.

Отдаваемая в нагрузку мощность и установка стереобаланса контролируются с помощью стрелочных индикаторов *ИП1* и *ИП1'* (см. рис. 1).

Усилитель питается от источника напряжением + 40 В, потребляя ток в режиме максимального усиления 0,75 А. Ток покоя выходных транзисторов можно устанавливать в пределах от 15 до 85 мА с помощью резистора *R511*.

Блок Б6 (рис. 7) — стабилизированный источник питания, выполненный по компенсационной схеме с последова-

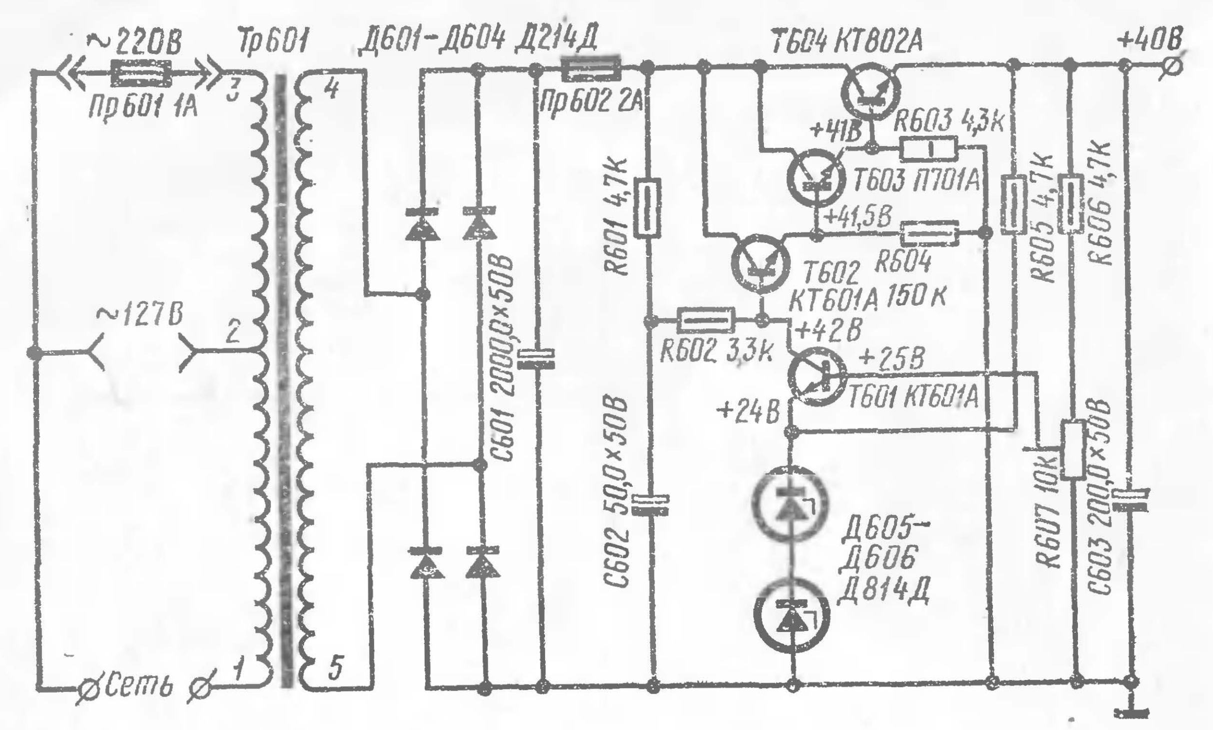


Рис. 7. Схема стабилизированного источника питания (блок *Б6*)

тельным включением регулирующего элемента. Функции регулирующего элемента выполняет составной транзистор *Т602—Т604*, что позволило значительно улучшить параметры стабилизатора и согласовать мощный регулирующий транзистор с маломощным транзистором *Т601* усилителя схемы сравнения. В схеме сравнения источником опорного напряжения служат кремниевые стабилитроны *Д605*, *Д606*. Резисторы *R603*, *R604* определяют рабочую точку транзисторов *Т603* и *Т602* в режиме малых токов нагрузки и при повышении температуры.

Номинальное выходное напряжение стабилизатора +40 В. Максимальный ток, отдаваемый в нагрузку, 2 А. Величина напряжения пульсации на выходе стабилизатора не превышает 3,5 мВ (амплитудное значение). Выходное сопротивление 0,35 Ом. Необходимая величина выходного напряжения устанавливается при регулировке с помощью подстроечного резистора *R607*.

Блок Б7 (рис. 8) — акустическая система. В комплекте с усилителем работают две идентичные трехполосные акустические системы закрытого типа, в которых установлено по семь громкоговорителей: два низкочастотных 6ГД-2, два среднечастотных 4ГД-4 и три высокочастотных 1ГД-3

Разделение частот производится электрическими LC-фильтрами; частоты разделения выбраны равными 300

и 7000 Гц. Затухание, вносимое фильтрами в полосе непропускания, 12 дБ /октава. Для снижения нелинейных искажений катушки *L701—L704* выполнены без сердечников на полистироловых каркасах, показанных на рис. 9.

Ящики колонок изготовлены из фанерованных древесностружечных плит толщиной 18 мм. Размеры каждой колонки 890 × 540 × ×300 мм. Задняя стенка выполнена из фанеры толщиной 10 мм и наглухо привинчена к корпусу. Для улучшения демпфирования подвижных систем громкоговорителей на задней стенке каждой звуковой колонки размещена панель акустического сопротивления ПАС, изготовленная по рекомендациям, приведенным в журнале «Радио», № 4, 1969, с. 27—28. Суммарная площадь отверстий ПАС составляет примерно 450 см² (200 отверстий диаметром 16 мм). Для устранения нежела-

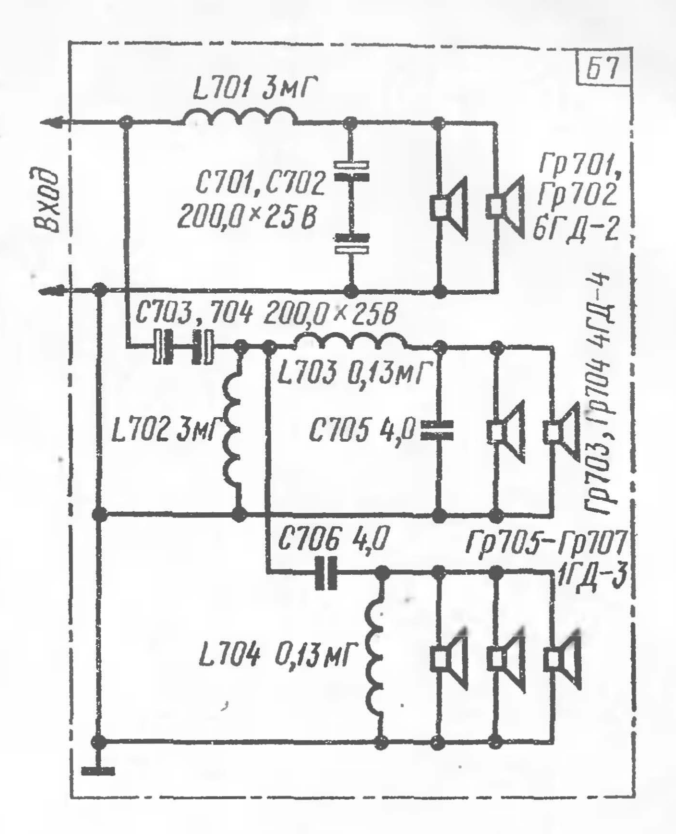


Рис. 8. Схема акустической системы (блок Б7)

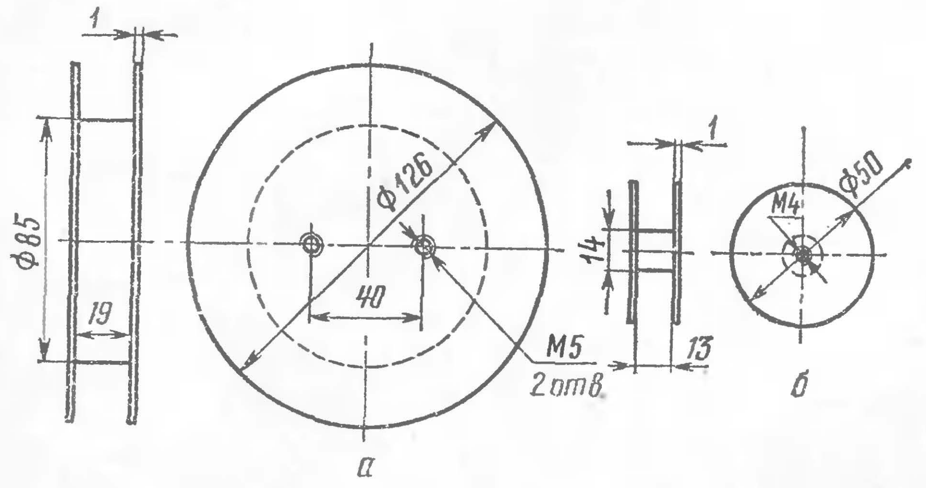


Рис. 9. Каркасы катушек фильтров акустической системы:
а — *L701*, *L702*; *б* — *L703*, *L704*

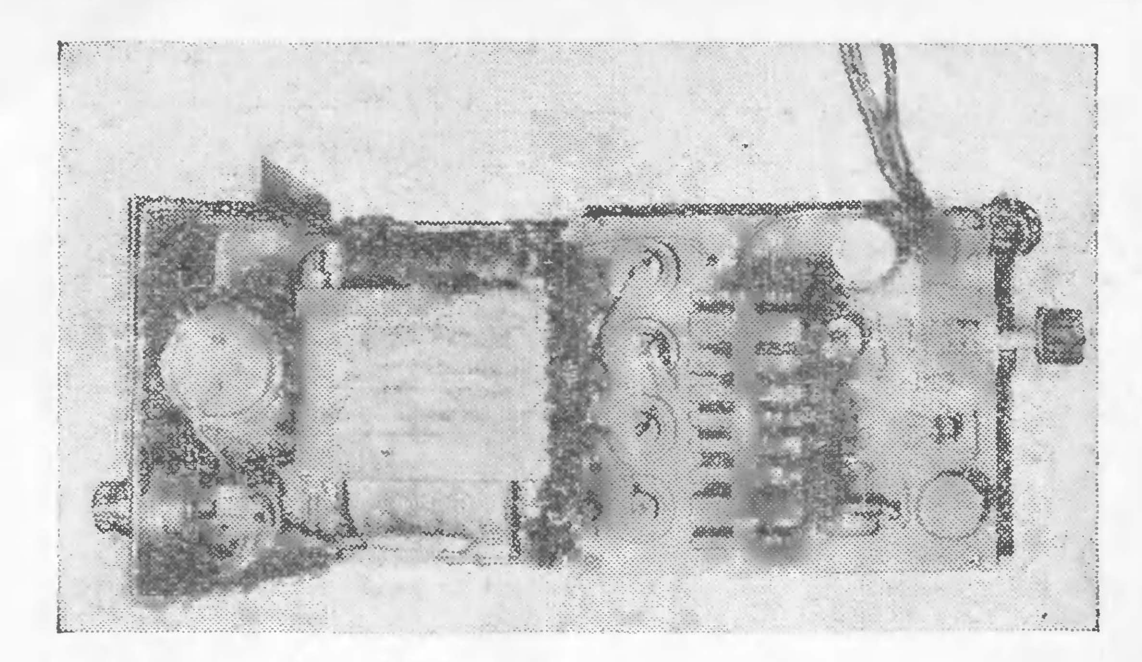


Рис. 10. Конструкция блока питания

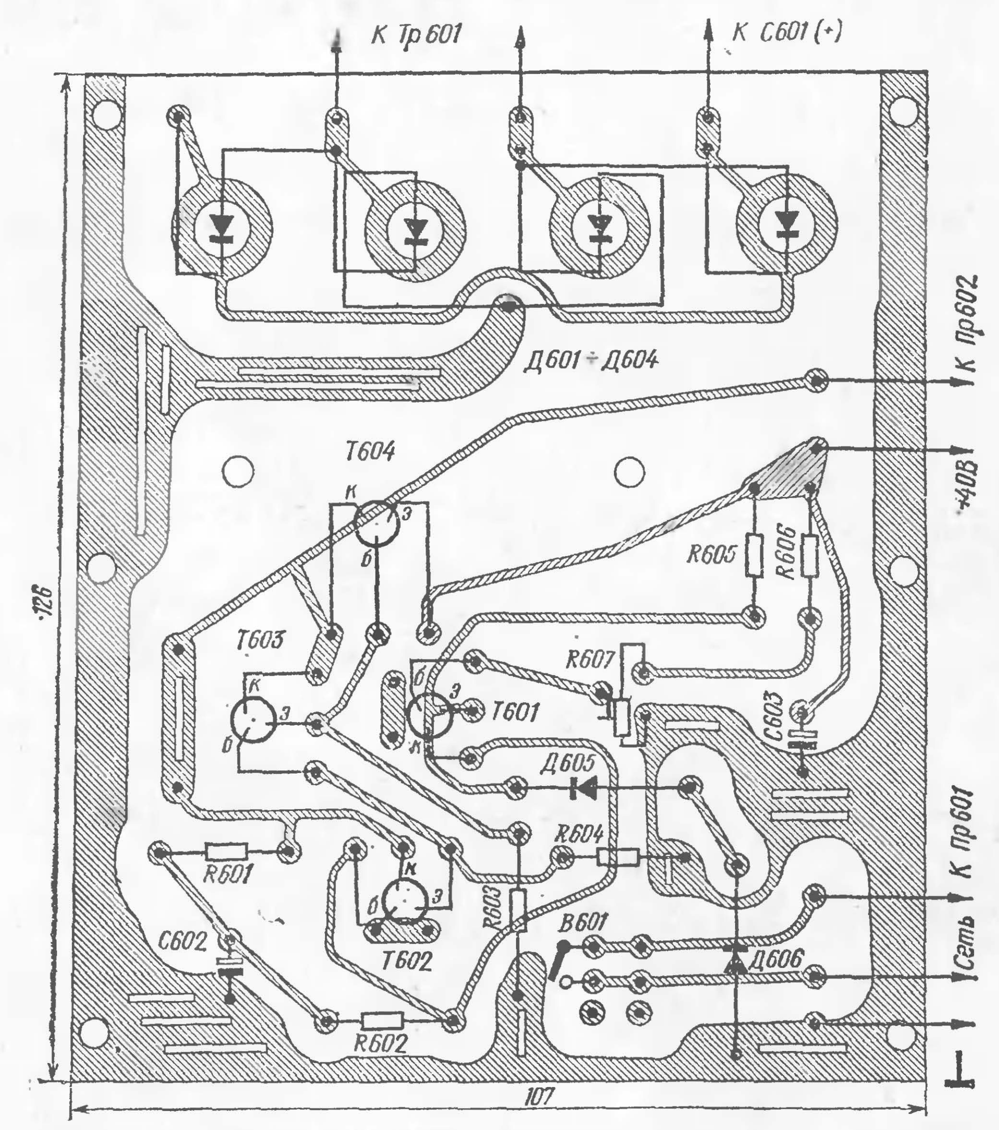


Рис. 11. Печатная плата стабилизатора напряжения

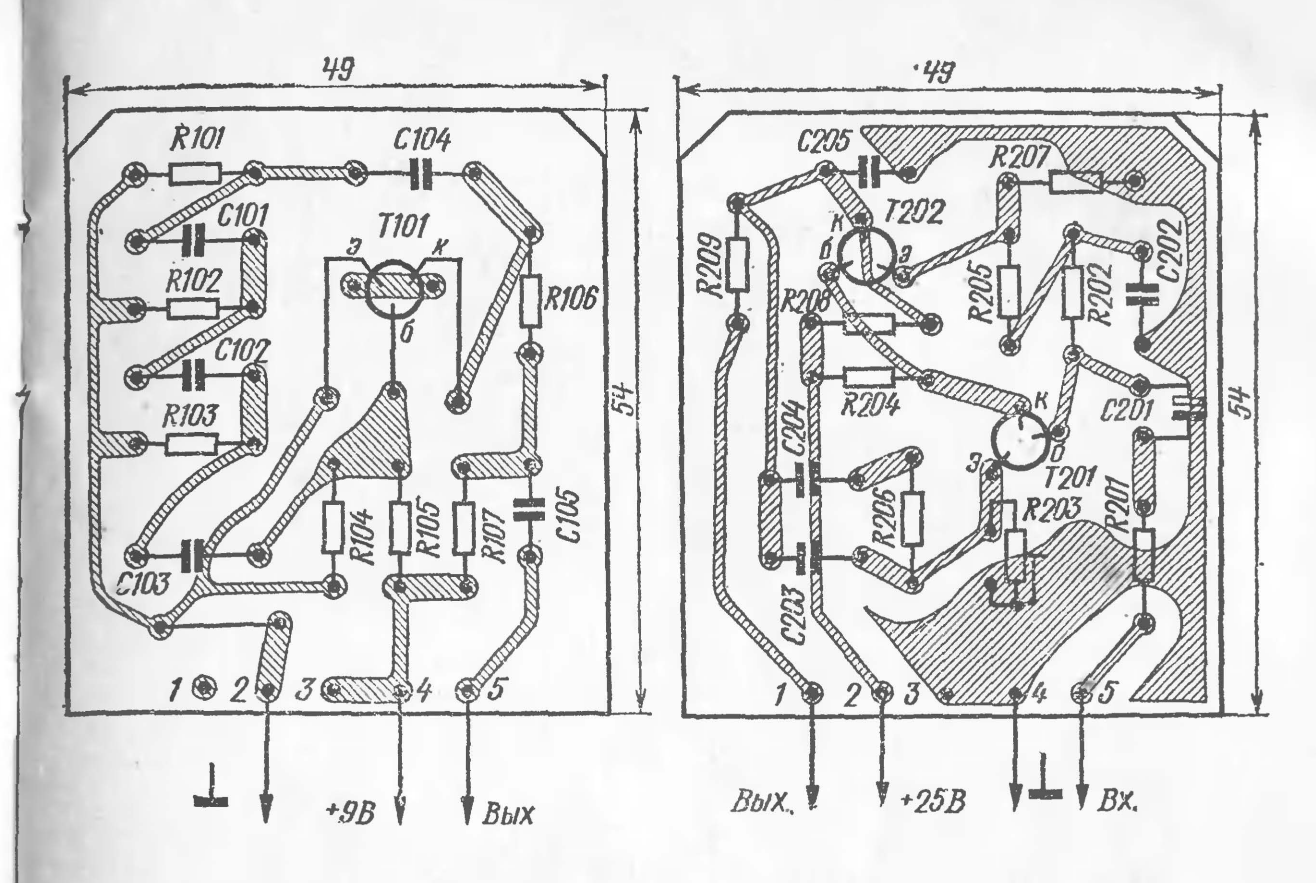


Рис. 12. Печатная плата блока *Б1* Рис. 13. Печатная плата блока *Б2*

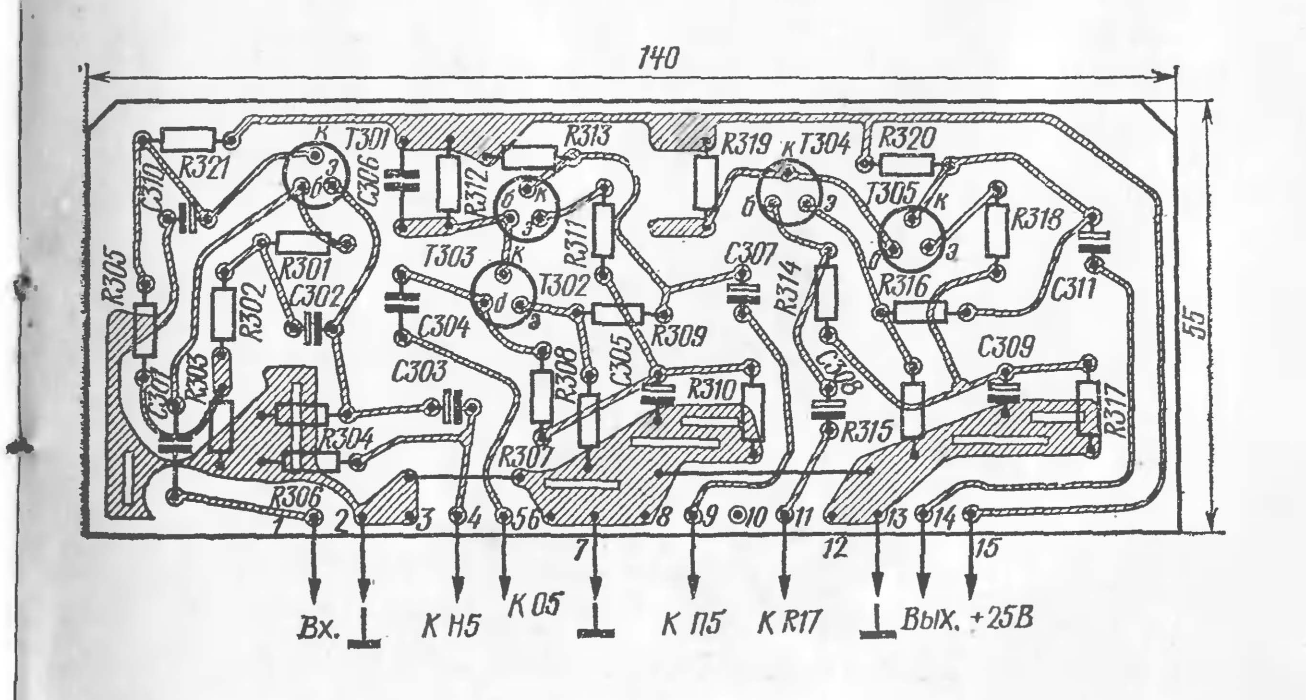


Рис. 14. Печатная плата блока *Б3*

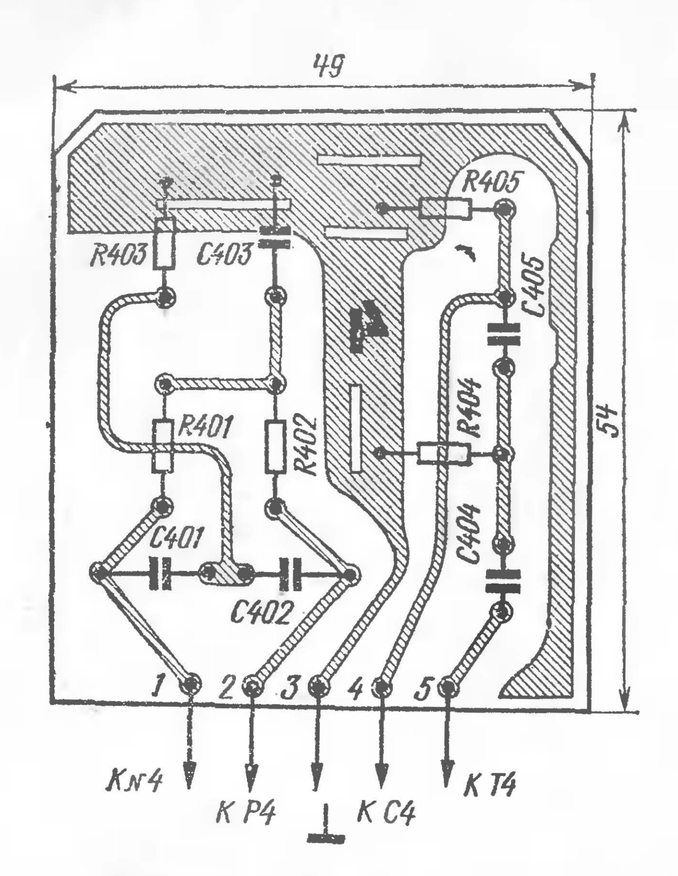


Рис. 15. Печатная плата блока *Б4*

тельных резонансных явлений внутренние поверхности каждой колонки частично оклеены войлоком.

Конструкция усилителя. Конструктивно стереофонический усилитель состоит из двух основных узлов: блока питания и собственно усилителя.

Блок питания выполнен на отдельном шасси (рис. 10), на котором размещены силовой трансформатор *Тр601*, электролитический конденсатор *С601*, печатная плата стабилизатора напряжения (рис. 11), колодки для подключения предохранителей *Пр601*, *Пр602* и сетевой шнур. Транзистор *Т604* установлен на двустороннем алюминиевом радиаторе.

Все блоки собственно усилителя размещены на общей плате, выполненной методом двусторонней печати. Печатные платы отдельных блоков усилителя представлены на рис. 12, 13, 14, 15, 16. Мощные выходные транзисторы установлены на общем алюминиевом радиаторе (рис. 17). На обратной стороне радиатора на изоляционных стойках смонтированы печатные платы оконечных усилителей (блоки Б5, Б5'). Для улучшения теплового режима выходных транзисторов ребристая часть радиатора вынесена на заднюю стенку, за пределы корпуса усилителя. На задней стенке расположены также входные и выходные разъемы *Ш1—Ш6*.

Общая печатная плата с установленными на ней деталями с помощью металлических уголков крепится к передней панели так, что в конструктивном отношении они составляют единый узел. Передняя панель выполнена из алюминиевой пластины толщиной 8 мм. Чертеж передней панели и размещение на ней установочных деталей показаны на рис. 18.

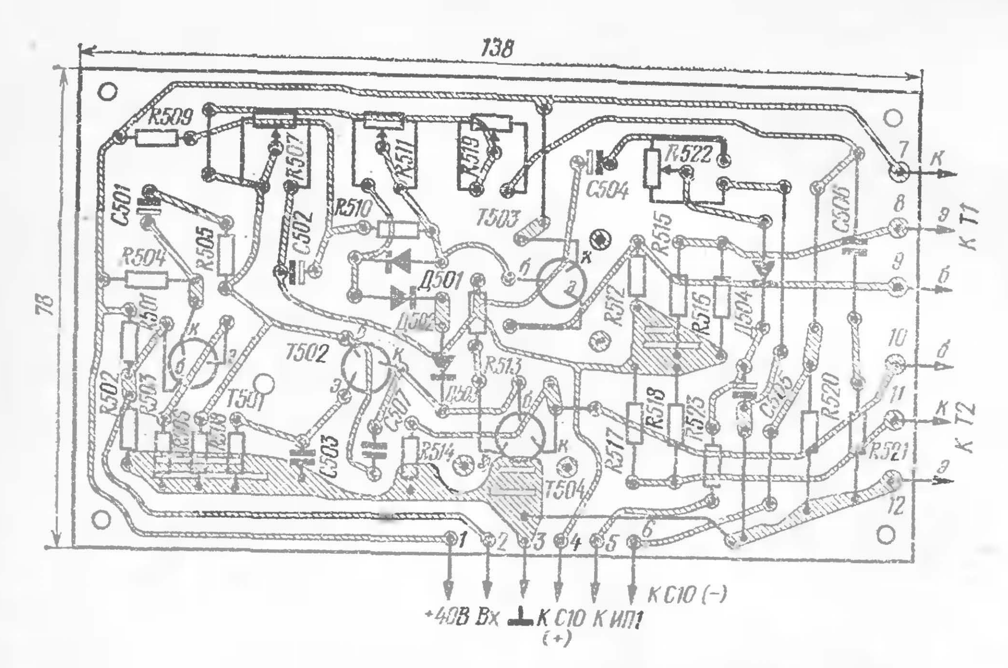
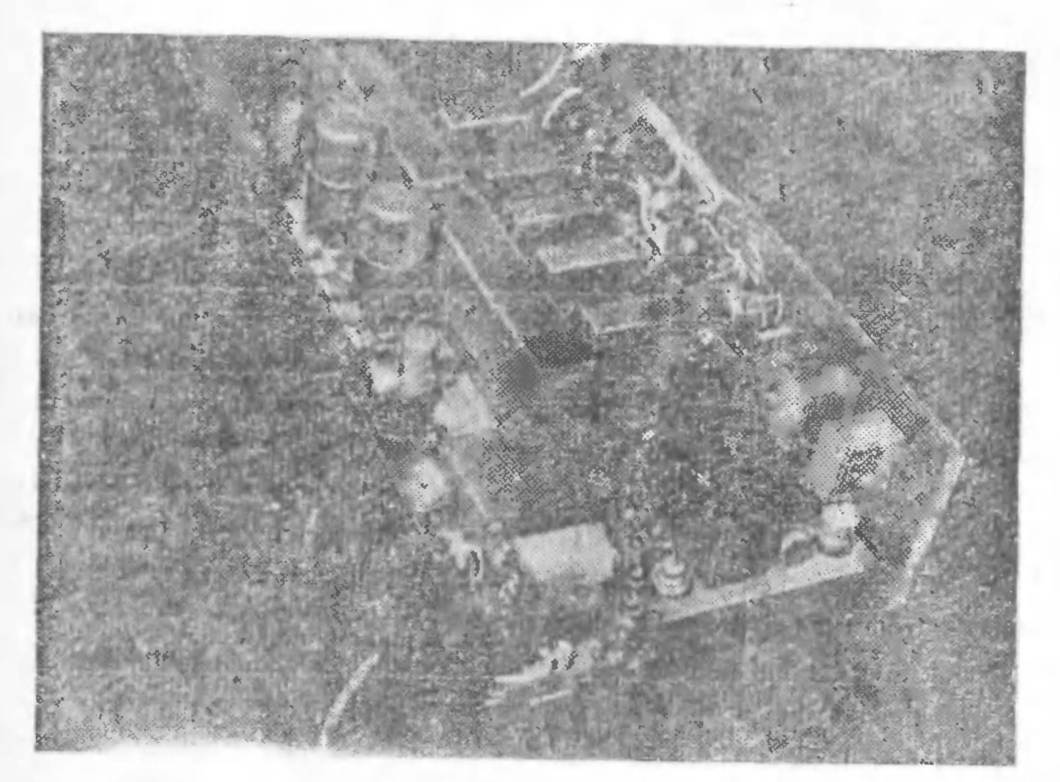


Рис. 16. Печатная плата блока *Б5*


Рис. 17. Конструкция стереофонического усилителя

В усилителе применены в основном фабричные детали. Резисторы *R515—R518*, *R521* — МОН-1; остальные — типа МЛТ или ОМЛТ. Все подстроечные резисторы — СП4-1 В. Потенциометры *R3*, *R3'*, *R6* и *R6'* — СП3-12 А; *R16*, *R16'* — СП3-12 В, а *R17* и *R17'* — СП3-12 А. Электролитические конденсаторы *С701—С704* — ЭТО-2; остальные

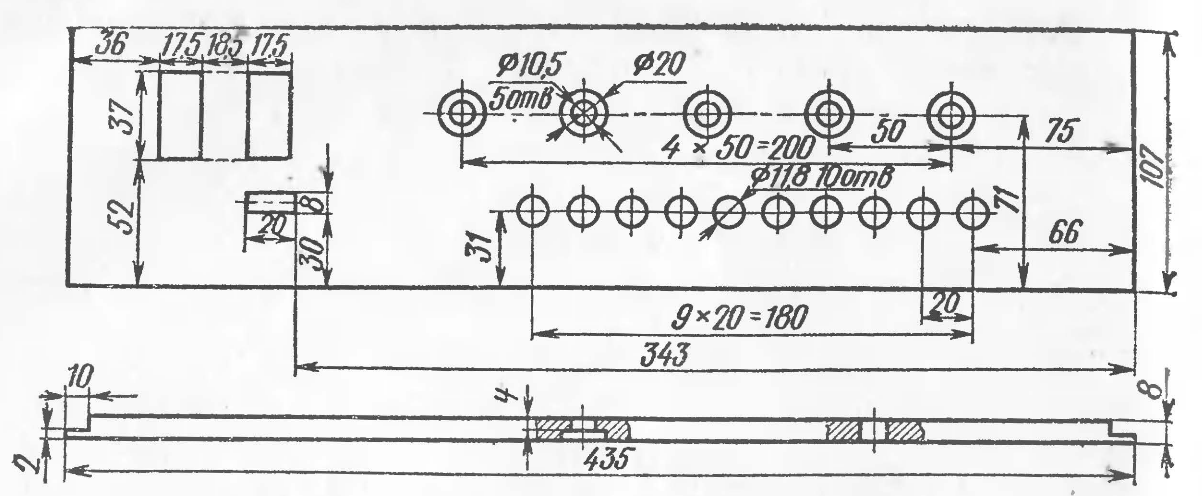


Рис. 18, *а*. Конструкция передней панели усилителя

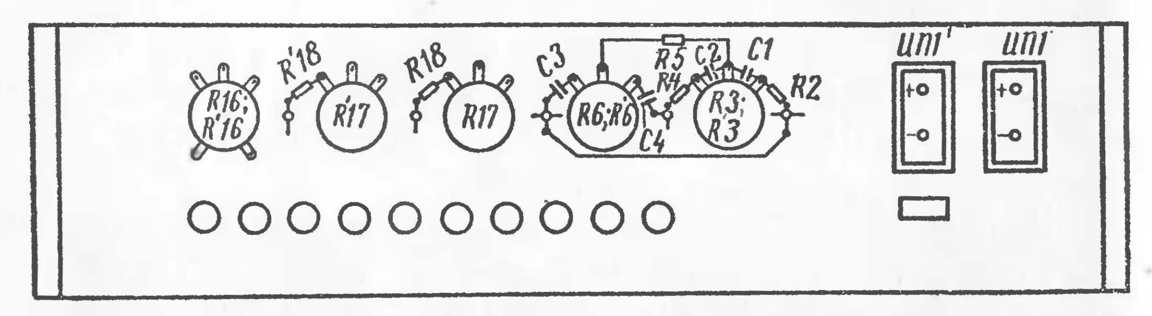


Рис. 18, б. Распайка элементов регуляторов тембра (условно показана только для одного канала)

электролитические конденсаторы — К50-6. Конденсаторы *С705*, *С706* — МБГО; остальные конденсаторы постоянной емкости — КМ. Входные разъемы — унифицированные СГ-5, а выходные — СГ-3. Сетевой предохранитель *Пр601*— ПМ-1, предохранитель *Пр602* — быстродействующий ВП-3. Стрелочные индикаторы *ИП1* и *ИП1'* — М733 с током полного отклонения 100 мкА. Возможно применение любых индикаторов с током полного отклонения до 500 мкА. Все кнопочные переключатели, включая и сетевой (на схеме не показан),— П2К. Намоточные данные силового трансформатора и катушек фильтров приведены в таблице.

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник
Тр601 1—2	481	ПЭВ-1 0,65	Ш20×50 окно: 20×50 мм²
2—3	353	ПЭВ-1 0,49	
3—4	140	ПЭВ-1 0,96	
L701, L702	150	ПЭВ-1 1,25	
L703, L704	97	ПЭВ-1 1,25	

Налаживание усилителя. Для налаживания усилителя необходимы: ламповый вольтметр, звуковой генератор и осциллограф. Налаживание производят поблочно.

Настройка блока *Б1* заключается в проверке режима транзистора *Т101* на соответствие данным, указанным на рис. 2, и подборке сопротивления резистора *R105* до получения наилучшей формы синусоидальных колебаний на выходе генератора.

Настройка блока *Б2* также начинается с проверки режимов транзисторов *Т201* и *Т202* (см. рис. 3). Затем на вход блока от звукового генератора подают сигнал частотой 1000 Гц и напряжением 3 мВ. С помощью подстроечного резистора *R203* устанавливают сигнал на выходе, равный 250 мВ эфф.

При совпадении режимов транзисторов *Т301—Т305* с указанными на рис. 4 и 5 и точном соблюдении величин элементов, указанных на принципиальной схеме, блоки *Б3* и *Б4* в налаживании не нуждаются.

Налаживание блока *Б5* производится совместно с транзисторами *Т1*, *Т2* и конденсатором *С10*. Между точками *4* и *12* подключают вольтметр постоянного напряжения и с помощью резистора *R507* устанавливают в точке *4* напряжение, равное половине напряжения источника питания. На вход блока через разделительный конденсатор от звукового генератора подают сигнал величиной 750 мВ эфф и частотой 1000 Гц. К выходу подключают эквивалент нагрузки — резистор сопротивлением 4 Ом, рассчитанный на мощность рассеивания 20 Вт, и осциллограф (вольтметр постоянного напряжения остается подключенным к средней точке усилителя). Вращая движок подстроечного резистора *R519*, добиваются появления на экране осциллографа изображения синусоиды амплитудой 12,7 В без видимых на глаз искажений. Одновременно резистором *R507* вновь устанавливают напряжение на средней точке усилителя, равное половине напряжения источника питания. Дальнейшее увеличение входного сигнала должно привести к симметричному ограничению синусоиды на экране осциллографа, что является критерием правильной настройки блока.

При наличии измерителя нелинейных искажений с помощью резистора *R511* устанавливают коэффициент нелинейных искажений 0,1%. При этом ток покоя выходных транзисторов должен находиться в пределах 35—60 мА.

Далее измеряют режимы транзисторов, которые должны соответствовать данным, приведенным на рис. 4.

Регулировка блока питания *Б6* производится в следующей последовательности. Полностью смонтированный и проверенный блок включают в сеть переменного тока и с помощью подстроечного резистора *R607* по вольтметру постоянного напряжения, включенному на выход стабилизатора, устанавливают выходное напряжение + 40 В. Далее к выходу стабилизатора подключают эквивалент нагрузки — резистор сопротивлением 27 Ом, рассчитанный на мощность рассеивания не менее 60 Вт. Показания вольтметра при этом не должны изменяться. Режимы транзисторов блока питания должны соответствовать данным, приведенным на рис. 7.

Окончательная настройка усилителя сводится к проверке работы всех органов управления, выравниванию коэффициентов усиления обоих каналов и установке подстроечным резистором *R23* величины выходного сигнала генератора «стереобаланса» на контактах *А2*, *Б2* кнопки «баланс» (см. рис. 1), равной 250 мВ эфф. Далее при нажатых кнопках «баланс», «моно» и «линейн» поворачивают ручки регуляторов усиления и стереобаланса в положение, соответствующее максимальному усилению. Подстроечными резисторами *R522* и *R522'* устанавливают стрелки индикаторов *ИП1* и *ИП1'* в положение, соответствующее их максимальному отклонению. На этом регулировку усилителя заканчивают.

ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

РАСШИРЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

О. Стрельцов

Поиски путей улучшения выразительности звучания электронных гитар привели музыкантов-исполнителей к использованию специальных устройств, позволяющих в процессе игры изменять звучание гитары, придавая ему своеобразные музыкальные оттенки.

В публикуемой статье рассматриваются устройства, позволяющие получить такие широко известные среди гитаристов музыкальные эффекты, как «фас-эффект», «вибрато», «квакушка», «бустер».

Для получения «фас-эффекта» сигнал электрогитары должен быть преобразован таким образом, чтобы его спектр содержал большое число нечетных гармоник. Такое преобразование спектра можно получить с помощью переключающих триггеров, диодных ограничителей и усилителей с переусилением.

Примером преобразователя, использующего триггер Шмитта, может служить устройство, схема которого представлена на рис. 1. Здесь на транзисторах *T1* и *T2* собран

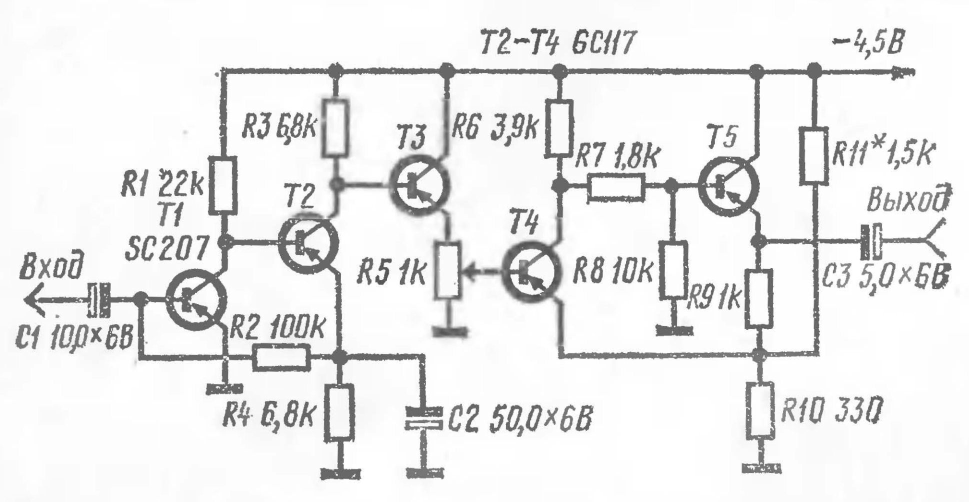


Рис. 1. Схема преобразователя спектра, использующего триггер Шмитта

двухкаскадный усилитель с непосредственной связью между каскадами, а на транзисторе *Т3* — эммиттерный повторитель, согласующий усилитель с триггером Шмитта, собранным на транзисторах *Т4* и *Т5*. Потенциометр *R5* в эмиттерной цепи транзистора *Т3* служит для регулировки длительности звучания преобразованного сигнала, а резистор *R11* — для установки диапазона регулировки.

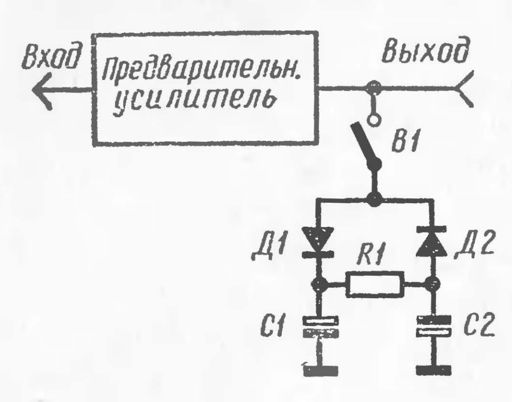


Рис. 2. Схема двустороннего диодного ограничителя

На рис. 2 показана схема другого преобразователя спектра — двустороннего диодного ограничителя. Цепочка ограничителя с диодами *Д1* и *Д2* и переключателем *В1* включается в цепь линейно усиленного сигнала гитары. Ограничение происходит на пороге отсечки характеристики диодов. Поэтому для получения более длительного эффекта преобразования необходимо выбирать диоды с возможно меньшим значением порога отсечки и иметь весьма большое усиление предусилителя.

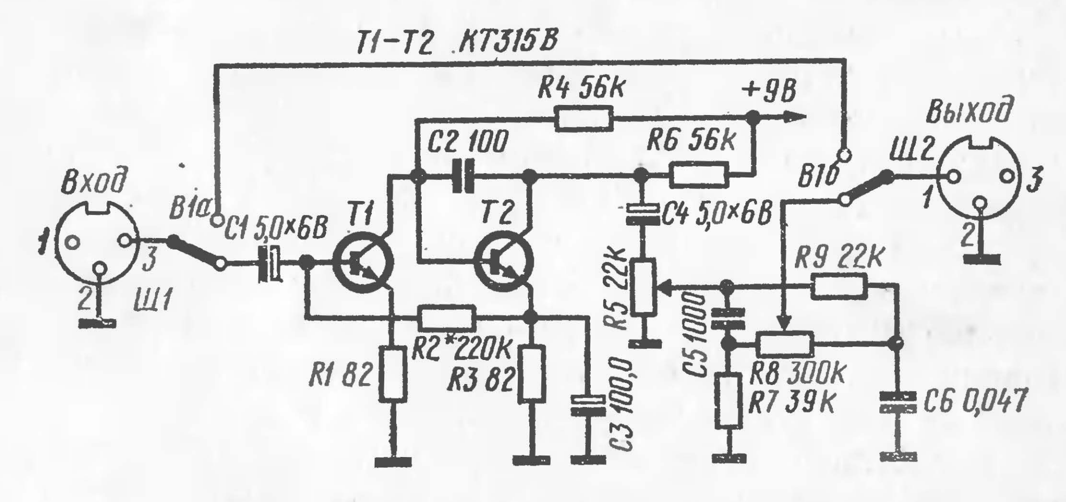


Рис. 3. Схема усилителя с переусилением

Преобразователь спектра, схема которого приведена на рис. 3, представляет собой вариант усилителя с переусилением. Усилитель выполнен на кремниевых транзисторах структуры *n-р-n*. Благодаря большим сопротивлениям нагрузочных резисторов *R4* и *R6* усилитель имеет большое усиление и при очень малых сигналах с датчика гитары

ограничивает сигнал и по минимуму, и по максимуму. Конденсатор *С2* между коллектором и базой транзистора *Т2* уменьшает возможность возбуждения и снижает собственный шум усилителя. Потенциометр *R5* — регулятор громкости; с него сигнал поступает на регулятор тембра *R8*, изменяющий окраску звучания преобразованного сигнала.

Все представленные варианты преобразователей спектра преобразуют «без искажений» лишь сигналы с малым содержанием гармоник. По этой причине использование этого эффекта при игре аккордами недопустимо, особенно это относится к триггеру Шмитта. Диодный ограничитель обладает несколько лучшими характеристиками спектрообразования и, не имея порогового характера срабатывания, не создает искажений при уменьшении сигнала с гитары. Однако транзисторы очень легко доводятся до насыщения и поэтому как более предпочтительный можно рекомендовать третий вариант преобразователя спектра — усилитель с переусилением. Следует, однако, помнить, что ввиду очень больших коэффициентов усиления такие устройства могут возбуждаться и требуют применения транзисторов с возможно малыми внутренними шумами.

Амплитудные модуляторы, позволяющие получить эффект «вибрато», отличаются большим разнообразием. Однако и здесь можно выделить наиболее часто применяемые и имеющие лучшие характеристики устройства, а именно: с использованием фоторезисторов и балансные. Эти схемы не дают эффекта проникновения сигнала модулирующей частоты в канал усиления и обладают меньшими искажениями. Стоит заметить, что «вибрато» с использованием балансной схемы позволяет получить большую глубину модуляции, чем с использованием фоторезисторов. Подробно на схемах останавливаться не будем, так как они неоднократно публиковались на страницах журнала «Радио».

Устройство, схема которого приведена на рис. 4, предназначено и для получения описанного выше преобразования спектра сигнала электрогитары и его амплитудной модуляции («вибрато»). На транзисторах *Т1—Т4* собран преобразователь спектра, а на *Т5—Т7* — амплитудный модулятор «вибрато». Переключатель *В1* позволяет выбирать варианты звучаний. В положении *1* работает «вибрато», а когда переключатель стоит в положении *2* и кнопка *Кн1* не нажата, на выход поступает сигнал непосредственно от входного разъема; при нажатии кнопки *Кн1* — с преобразователя спектра.

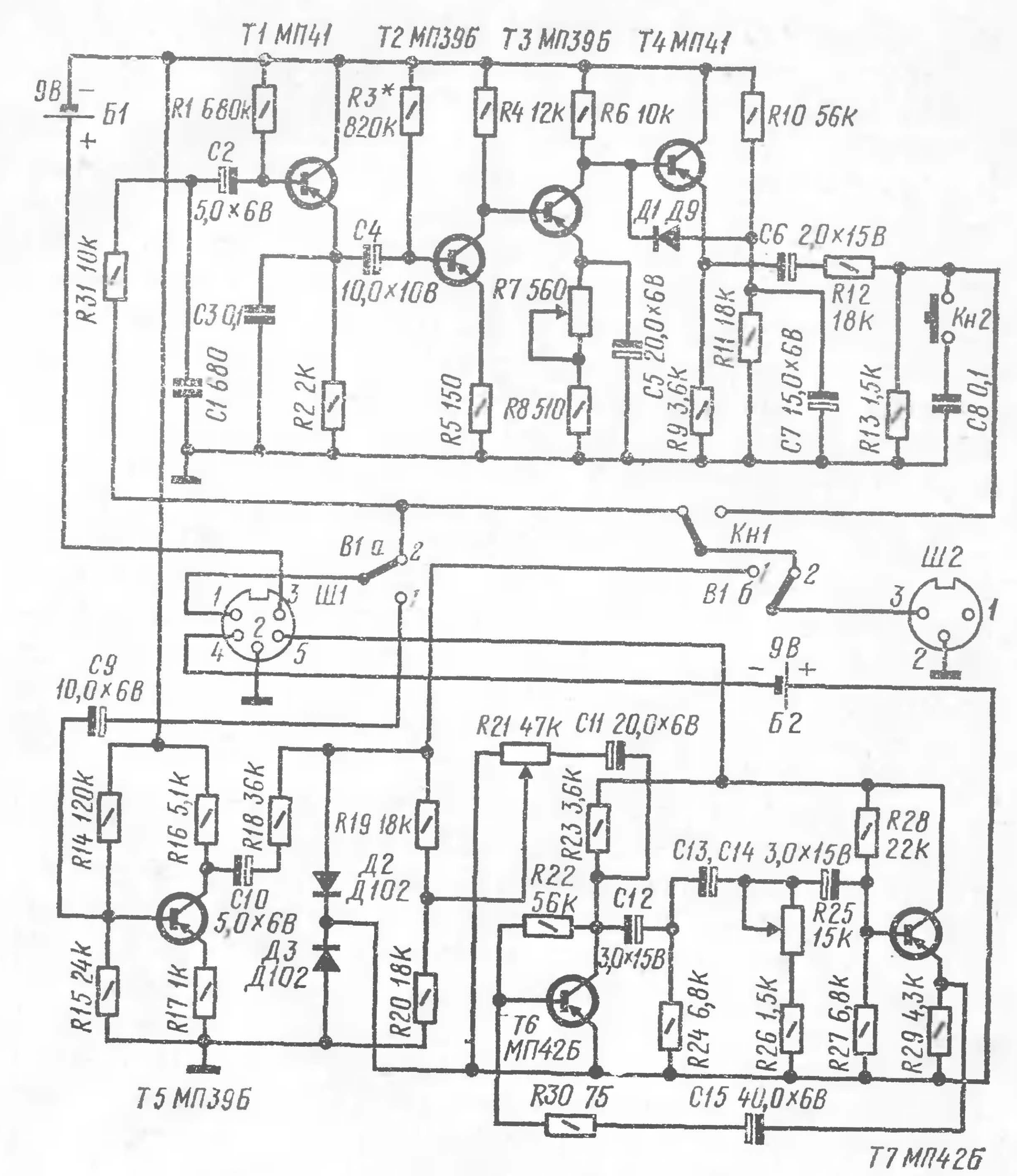


Рис. 4. Схема преобразователя спектра и амплитудного модулятора «вибрато»

Преобразователь спектра построен по схеме с переусилением сигнала. Первый каскад выполнен на транзисторе *Т1* по схеме эмиттерного повторителя. На транзисторах *Т2* и *Т3* собран собственно усилитель. Оба транзистора включены по схеме с общим эмиттером и непосредственной связью между каскадами. Эмиттерный повторитель на транзисторе *Т4* уменьшает влияние нагрузки на работу всего устройства. Диод *Д1*, подключенный к коллектору транзистора *Т3*, фиксирующий; он служит для дополнительного ограниче-

ния и фиксации сигнала на коллекторе транзистора *Т3* на уровне потенциала, заданного делителем *R10—R11*.

Выходной сигнал преобразователя спектра (на эмиттере транзистора *Т4*) составляет 0,75—1В. Учитывая, что преобразователь выполнен в виде отдельной приставки и должен работать на гитарные входы усилителя НЧ, выходной сигнал преобразователя спектра подается на делитель *R12-R13*, который уменьшает его до 30 мВ. При нажатии кнопки *Кн2* параллельно нижнему плечу делителя — резистору *R13* — подключается конденсатор *С8*. В этом случае «срезаются» высокочастотные составляющие спектра сигнала преобразователя и звучание становится более «мягким».

Для получения амплитудной модуляции сигнала использован балансный модулятор на диодах *Д2* и *Д3*. Встречно включенные диоды вместе с резисторами *R19* и *R20* соединены по мостовой схеме. В диагональ моста между точками соединений диода *Д2* с резистором *R19* и диода *Д3* с резистором *R20* через резистор *R18* подается сигнал с усилителя электрогитары (переключатель *В1* в положении *1*), выполненного на транзисторе *Т5*. Этот каскад собран по схеме с общим эмиттером; он компенсирует потери в балансном модуляторе. Резистор *R18* и мост модулятора представляют собой два плеча делителя напряжения сигнала, поступающего с транзистора *Т5*. Сопротивление плеча, образованного мостом, меняется при воздействии напряжения модулирующего сигнала. Сигнал модулирующей частоты имеет синусоидальную форму, и когда в точку соединения диодов *Д2* и *Д3* приходит отрицательная полуволна, диоды открываются, сопротивление моста уменьшается (в других случаях оно практически определяется последовательно соединенными резисторами *R19* и *R20*). В результате изменяется коэффициент деления делителя резистор *R18*-мост, и сигнал, снимаемый с регулируемого плеча, модулируется по амплитуде.

Генератор-«вибрато» собран на транзисторах *Т6* и *Т7*. Потенциометр *R25* регулирует частоту генератора (в пределах 3—8 Гц), а потенциометр *R21* — амплитуду модулирующего сигнала, поступающего на мост, и глубину модуляции. Глубина модуляции зависит также от сопротивления резисторов *R19* и *R20*, включенных последовательно с диодами *Д2* и *Д3*. Диоды должны быть выбраны, по возможности, с одинаковыми характеристиками. В противном случае не будет полного подавления модулирующего сигнала

и при отсутствии сигнала гитары на вход усилителя будут поступать гармоники модулирующего сигнала с генератора-«вибрато». Некоторая компенсация разбросов характеристик диодов может быть произведена изменением сопротивлений резисторов *R19* или *R20*.

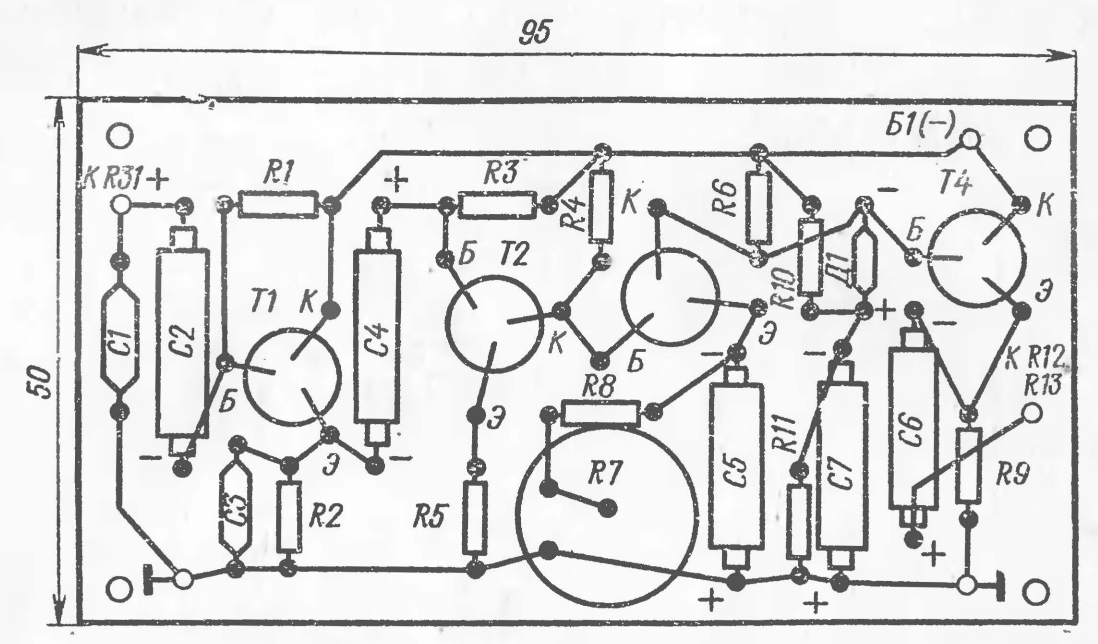


Рис. 5. Печатная плата преобразователя спектра

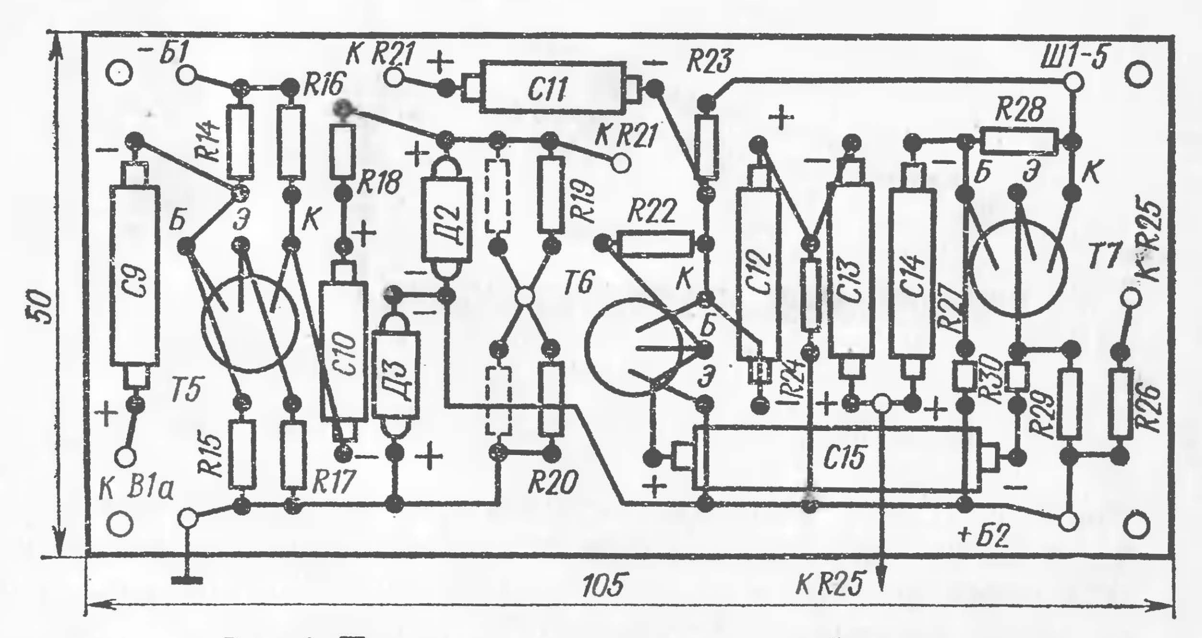


Рис. 6. Печатная плата генератора-«вибрато»

В силу особенностей примененной балансной схемы генератор-«вибрато» питается от отдельного источника напряжением 9 В, не соединяющегося с общим проводом.

Преобразователь спектра и генератор-«вибрато» смонтированы на двух печатных платах (рис. 5 и 6). Обе платы

размещены в корпусе педали (рис. 7), изготовленном из листового алюминия толщиной 2 мм. На верхней стенке корпуса размещены потенциометры регулировки частоты и глубины «вибрато» и ручка переключателя рода работ *В1*. Сам переключатель установлен на кронштейне внутри корпуса педали, на передней стенке которого укреплены вход-

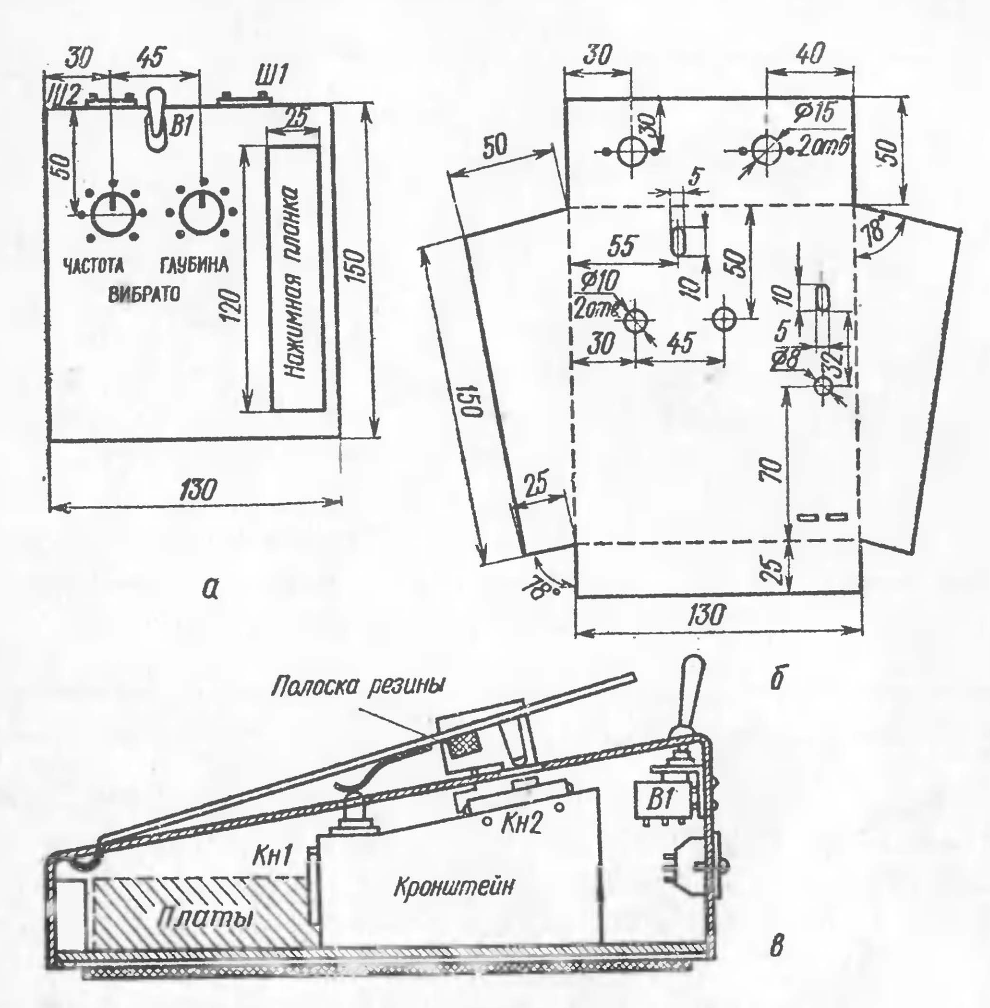


Рис. 7. Конструкция корпуса педали:

а — верхняя панель педали с органами управления; *б* — развертка корпуса педали; *в* — вертикальный разрез педали

ной и выходной разъемы. Кнопки *Кн1* и *Кн2* установлены на кронштейне, закрепленном на дне корпуса, и управляются нажимной планкой (см. рис. 7,*в*). Монтаж цепей, по которым идет сигнал гитары, производится экранированным проводом. На дно корпуса педали наклеена резина толщиной 3 мм; это предохраняет пол от повреждений и придает педали устойчивое положение во время игры на инструменте.

В преобразователе спектра и генераторе-«вибрато» использованы: резисторы МЛТ 0,25; конденсаторы ЭМ и КЛС; переключатель *В1* — МТ2-1; кнопка *Кн1* — КМ1-1; кноп-

ка *Кн2* — КВ-9а; входной разъем — стандартный, пятиштырьковый; выходной — трехштырьковый.

Еще одним весьма ярким музыкальным эффектом, используемым современными исполнителями-гитаристами, является так называемый эффект «квакушки».

Этот эффект характерен периодическим последовательным подчеркиванием различных частотных составляющих спектра сигнала гитары (рис. 8). Для большей выразительности эффекта подъем на частотной характеристике должен быть довольно значителен (не менее 10—12 дБ).

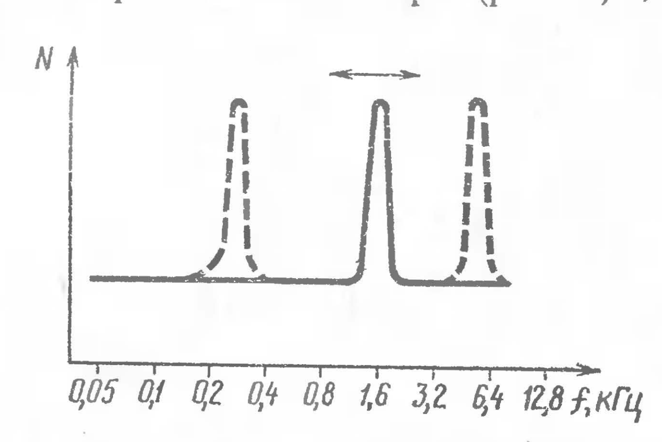


Рис. 8. Частотная характеристика электрогитары с эффектом «квакушки»

Естественно, что, чем богаче спектр сигнала, тем более отчетлив и красив будет эффект «квакушки». Причем на больших частотах этот эффект будет проявляться сильнее.

Осуществление вариантов устройств с выборочным подчеркиванием различных частот сигнала возможно несколькими путями. Ввиду примерно резонансного характера подчеркивания спектральных составляющих, первым видится вариант с использованием перестраиваемого *LC*-резонансного контура. Регулируемым звеном в таком резонансном контуре всегда является индуктивность, поскольку в противном случае потребовался бы конденсатор с плавной перестройкой в широком диапазоне емкостей (например, от 0,1 до 1 мкФ), а изготовление его затруднительно. Катушку же можно изготовить с любой желаемой индуктивностью и возможностью перестройки в нужном диапазоне.

Примером устройства, позволяющего получить эффект «квакушки», может служить усилитель, схема которого приведена на рис. 9. В формировании частотной характеристики участвует входной делитель *R1-L1C1-R2*. Контур *L1C1* на частоте резонанса обеспечивает подъем частотной характеристики. Вне зоны резонанса резистор *R2* создает так называемый «пьедестал» на частотной характеристике, величина которого с изменением сопротивления этого резистора может меняться. Регулируя индуктивность катушки *L1*, можно изменять резонансную частоту контура и, следовательно, место подъема частотной характеристики. С нижнего плеча делителя *R1-L1C1-R2* через резистор *R3* сигнал подается на вход усилителя, выполненного на транзисторах

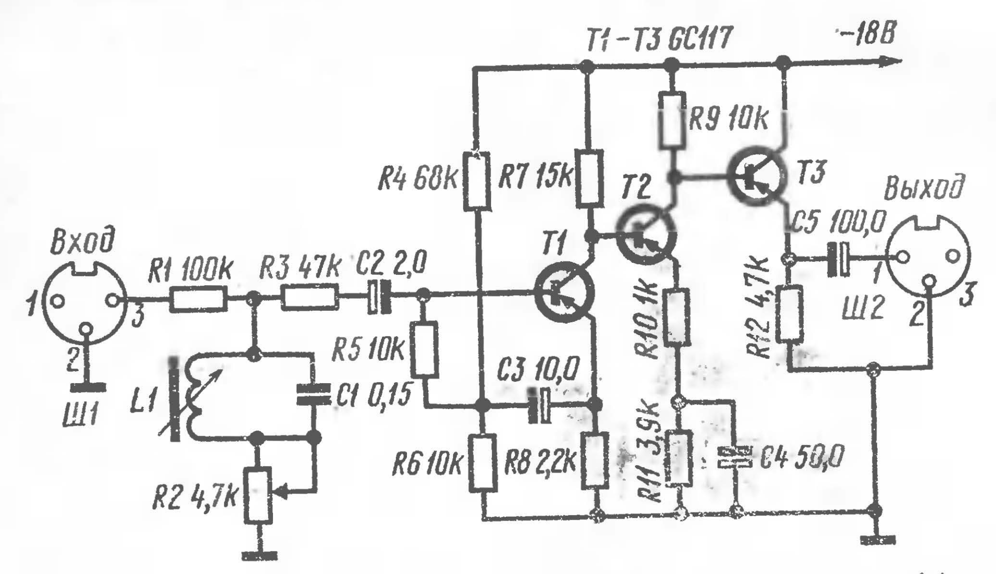


Рис. 9. Схема усилителя, позволяющего получить эффект «квакушки». Транзисторы GC117 можно заменить отечественными транзисторами МП20

T1—T3 и компенсирующего потери сигнала на входном делителе.

Конструкция педали с перестраиваемой индуктивностью поясняется рис. 10. На дне корпуса педали закреплен Ш-образный сердечник Ш12×16 с катушкой, содержащей 1000 витков провода ПЭЛ 0,2. Замыкающие пластины *2* собраны в пакет и укреплены подвижно у одной стороны Ш-образного сердечника *1*. Рычаг *3* связывает через шарнир *4* пакет замыкающих пластин с подвижной крышкой корпуса *5*.

Рис. 10. Конструкция педали с перестраиваемой индуктивностью:

1 — Ш-образный сердечник; *2* — замыкающие пластины; *3* — рычаг; *4* — шарнир; *5* — крышка корпуса

Другим путем реализации устройства, позволяющего получить эффект «квакушки», является использование перестраиваемых RC-резонансных усилителей. Один из вариантов такого усилителя представлен на рис. 11. Это —

однокаскадный усилитель с отрицательной обратной связью через RC-Т-образный резонансный контур, состоящий из элементов *R9-R11, C4-C6*. Частота настройки контура изменяется при изменении сопротивления фоторезистора *R11* при падении на него света от лампы *Л2*. На частоте резонанса контур имеет большое сопротивление, поэтому в этот момент обратная связь слаба и каскад обладает большим усилением. Таким образом формируется подъем на частотной характеристике усилителя. При освещении лампой *Л1* фоторезистора *R2* его сопротивление уменьшается, и входной сигнал от гитары проходит непосредственно на выход устройства. В этом случае фоторезистор *R2* выполняет функцию переключателя рода работ и позволяет исполнителю установить режимы работы «от гитары», не прибегая к дополнительным переключениям. Фоторезисторы *R2* и *R11* освещаются лампами *Л1* и *Л2* поочередно: когда горит *Л1*, погашена *Л2*, и наоборот. Такой режим обеспечивается противофазной работой потенциометров *R12* и *R13*. Номиналы этих потенциометров различны. Это сделано для того, чтобы при замкнутом потенциометре *R13* (освещение фоторезистора *R11* максимально) и полностью введенном *R12* (минимально освещен фоторезистор *R2*) освещенности фоторезистора *R2* было достаточно для формирования «пьедестала» на частотной характеристике (см. рис. 8). При этом часть сигнала гитары проходит на выход устройства и смешивается с дополнительно усиливаемой гармоникой. Диапазон эффективной перестройки резонансного усилителя составляет примерно 300—2500 Гц.

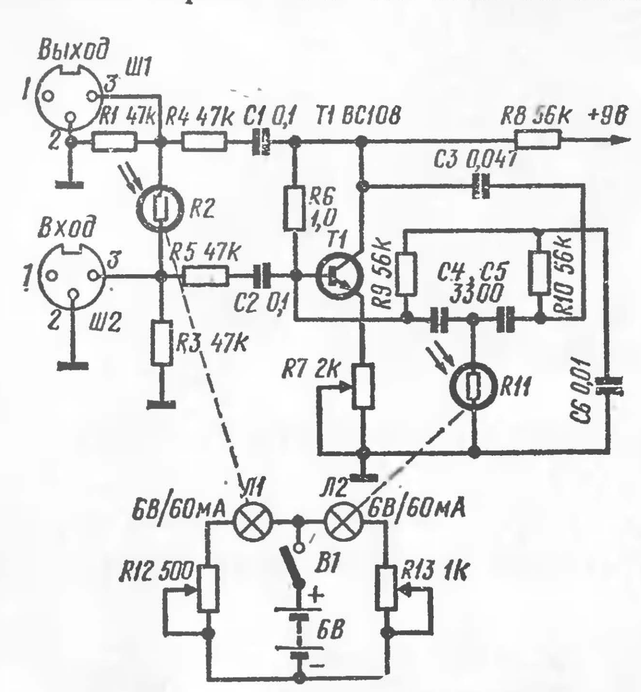


Рис. 11. Схема перестраиваемого RC-усилителя. Транзистор BC108 можно заменить отечественным транзистором КТ315Г

Устройство помещается в корпус педали, подвижная часть которой делается обычно по типу «коромысла» (рис. 12). Привод на спаренный потенциометр *R12-R13* (можно использовать и отдельные потенциометры) осуществляется через тонкий тросик, концы которого укреплены на противоположных сторонах подвижной части педали.

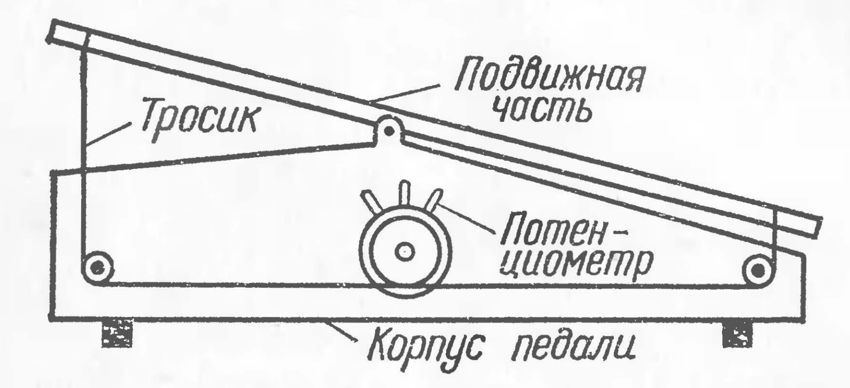


Рис. 12. Устройство педали с подвижной частью по типу «коромысла»

Фоторезисторы и лампы накаливания размещаются внутри педали, в отдельном кожухе.

Примером простой по построению, но достаточно эффективной в работе может служить японская схема «квакушки», приведенная на рис. 13. Она представляет собой перестраиваемый резонансный усилитель. Первый каскад, собранный на полевом транзисторе *T1*, охвачен сложной цепочкой отрицательной обратной связи, являющейся перестраиваемым LC-резонансным контуром. Этот контур образован катушкой *L1* и конденсатором *C5*, который включается параллельно катушке *L1* через эмиттерный повторитель на транзисторе *T2* и потенциометр *R5*. Изменяя с помощью потенциометра коэффициент подключения конденсатора *C5* к катушке *L1*, можно изменять резонансную частоту контура и таким образом перестраивать частотную характеристику усилителя. Диапазон перестройки рабочей частоты 300—2000 Гц. Частотные характеристики устройства при крайних

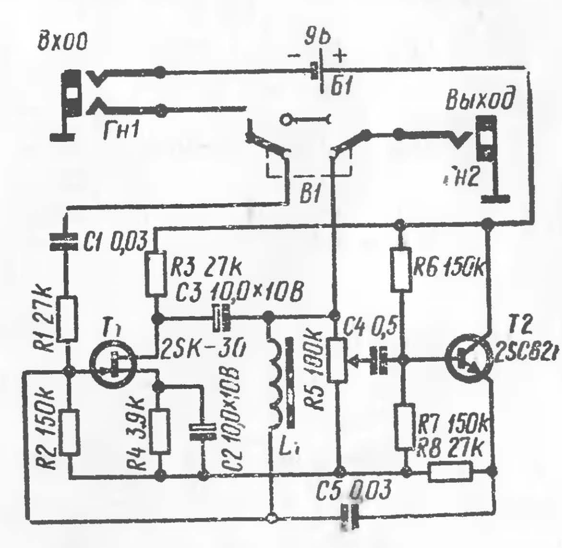


Рис. 13. Японская схема «квакушки»

положениях движка потенциометра *R5* показаны на рис. 14. Конструктивно управление потенциометром *R5* осуществляется от подвижной части педали, в которой монтируется все устройство. Для выбора режима работы служит переключатель *B1*, позволяющий подавать сигнал со входа на выход устройства, минуя схему. Резистор *R1* устраняет влияние источника сигнала на работу схемы. Индуктивность катушки *L1* выбирается в пределах 80—120 мГ.

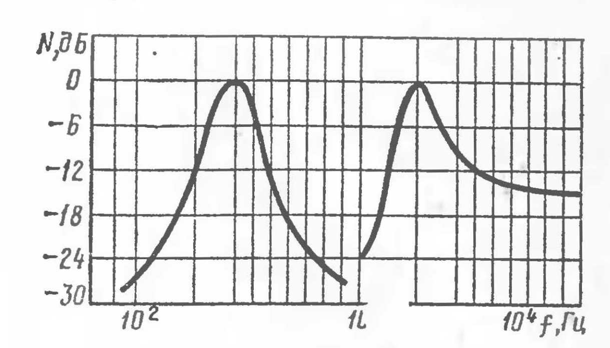


Рис. 14. Частотные характеристики устройства при крайних положениях движка потенциометра

В заключение рассмотрим, хотя бы кратко, еще одно устройство, придающее дополнительную окраску звучанию электрогитары. Это так называемый «бустер» («Booster»). Вследствие довольно редкого использования этого эффекта в широкой музыкальной практике (на эстраде) его часто путают с «фас»-эффектом. Однако это далеко неоднозначные эффекты.

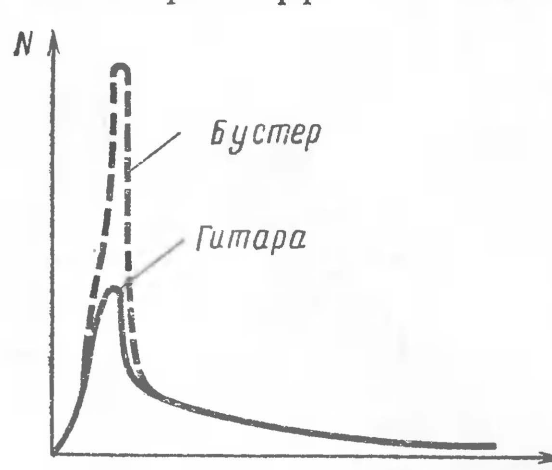


Рис. 15. Изменение формы огибающей сигнала электрогитары при использовании «бустера»

Слово «Booster» в переводе с английского означает толкатель, ускоритель, усилитель.

Устройство, выполняющее аналогичные функции при работе с гитарами, также названо «Booster». Оно увеличивает уровень сигнала гитары в момент начала игры, т. е. в момент удара пальцами или медиатром по струнам. В результате усиливается «атака» звука: звучание становится более энергичным, напористым. Характер работы устройства поясняет рис. 15, где показано изменение формы огибающей сигнала гитары при использовании «бустера».

Чтобы реализовать подобное преобразование амплитудной характеристики огибающей сигнала гитары, требуется автоматический регулятор усиления, управляемый сигналом гитары. Для этого сигнал гитары детектируется, выделяется напряжение, пропорциональное огибающей сигнала, которое и используется в качестве управляющего. Одна из схем, реализующих описываемый эффект, показана на рис. 16. Первые два каскада, выполненные на транзисторах *T1* и *T2*, служат для усиления сигнала датчиков гитары до уровня, достаточного для управления диодом

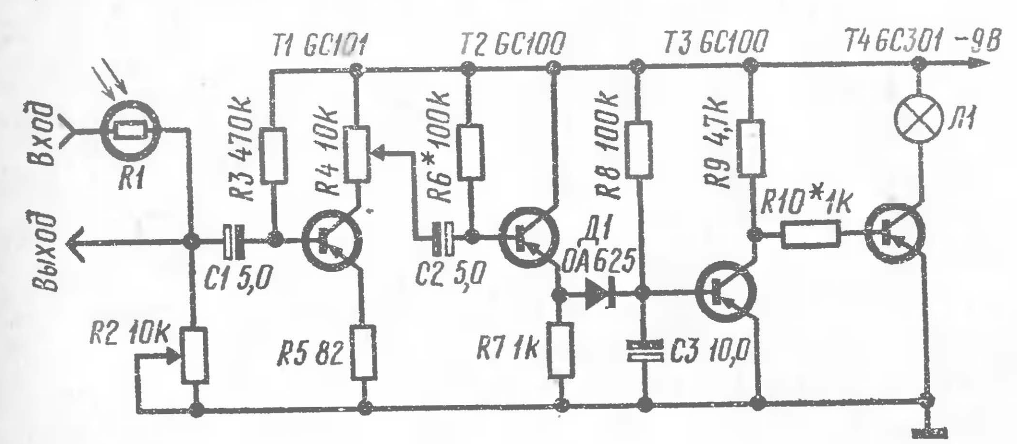


Рис. 16. Схема устройства, реализующего эффект «бустера»

Д1. Каскады на транзисторах *T3* и *T4* управляют лампой *Л1*, освещающей фоторезистор *R1*. Собственно регулятором является делитель, образованный фоторезистором *R1* и потенциометром *R2*. В неработающем состоянии (без сигнала) транзистор *T3* открыт, *T4* закрыт, и лампа не горит. Конденсатор *C3* заряжен в этот момент до потенциала отпирания транзистора *T3*, и диод *Д1* заперт. При наличии сигнала положительные полуволны его отпирают диод *Д1* и конденсатор *C3* постепенно разряжается. В результате транзистор *T3* закрывается, а транзистор *T4* открывается. Лампа *Л1* загорается и освещает фоторезистор *R1*. Сопротивление фоторезистора уменьшается, и сигнал на входе первого каскада усилителя увеличивается. Последнее приводит к еще большему разряду конденсатора *C3* и т. д. Иными словами: срабатывает петля положительной обратной связи, и сигнал на выходе схемы, снимаемый после фоторезистора, резко увеличивается, и фронт атаки звука растет. При уменьшении сигнала на входе схемы (падение сигнала с датчиков электрогитары) происходит обратный процесс. Сигнал на выходе уменьшается до величины, определяемой делителем *R1-R2* при неосвещенном фоторезисторе *R1*. Одновременно конденсатор *C3* заря-

жается через резистор *R8*. Из описания процесса работы устройства ясно, что постоянная времени разряда конденсатора *С3*, определяющая длительность нарастания нового фронта атаки, зависит от его емкости, выходного сопротивления транзистора *Т2* и сопротивления отпираемого диода *Д1*. Постоянная времени заряда конденсатора *С3* определяет время спада фронта атаки сигнала и зависит от сопротивления резистора *R8*, емкости конденсатора *С3* и входного сопротивления транзистора *Т3*. Естественно, желательно иметь время включения фоторезистора малым, а время его выключения довольно большим, так как от этого зависит яркость эффекта. В данном устройстве время включения составляет около 10 мс, а время выключения — около 1 с. Следует обратить внимание на свойства применяемого фоторезистора, так как некоторые типы фоторезисторов обладают значительным временем включения и выключения, что сказывается на временных характеристиках схемы. Принцип работы описанного устройства можно изменить, если поменять местами *R1* и *R2*. В этом случае фоторезистор будет освещен без сигнала. Для осуществления такого принципа работы следует применить транзистор *Т3* с *n-p-n* структурой и включить его, не меняя схему, эмиттером к минусу источника питания. Тогда без сигнала он будет закрыт, транзистор *Т4* открыт и лампа будет гореть. При наличии сигнала транзистор *Т3* откроется, *Т4* закроется и лампа погаснет.

Возможны и другие варианты управления сигналом, например, с использованием в качестве регулируемого элемента транзистора. Радиолюбителям не составит труда, зная идею работы «бустера», построить его самостоятельно.

Описанные виды преобразований звучания электрогитар не охватывают, конечно, весь ряд существующих и возможных методов и видов преобразований сигнала, и здесь перед радиолюбителями открыто широкое поле деятельности.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

Э. Меньшенина, А. Лапенин

Универсальный измерительный прибор (рис. 1) собран из доступных деталей, очень прост по схеме и легко может быть изготовлен даже начинающими радиолюбителями. В этом приборе в одном корпусе собрано несколько измерительных устройств, которые позволяют радиолюбителю производить основные измерения при наладке простых приемников. Прибор может измерять: постоянный ток — на шкалах 2 мА, 10 мА, 50 мА, 250 мА; напряжение постоянного тока на шкалах 5 В, 10 В, 50 В, 250 В; сопротивление — в пределах от 10 Ом до 10 МОм; емкость — от 10 пФ до 10 мкФ; индуктивность — от 1 мкГ до 10 мГ; коэффициент усиления β маломощных транзисторов — на шкалах 50, 100, 200; обратный ток коллектора $I_{ко}$; β мощных транзисторов — на шкалах 50 и 100.

Точность прибора в большой степени зависит от точности подбора элементов схемы, используемых в качестве эталонных. При хорошем подборе шунтов миллиамперметра и добавочных сопротивлений вольтметра ток и напряжение могут измеряться с точностью, допускаемой миллиамперметром. Следует, однако, иметь в виду, что вольтметр имеет внутреннее сопротивление всего 1000 Ом на 1 В шкалы и для измерения напряжения в высокоомных цепях непригоден. Точность измерения β, $I_{ко}$, R, L и C также зависит в некоторой степени от подбора эталонных деталей, но определяется она и другими факторами. Точность измерения R, L и C лежит в пределах 10%, так как шкала измерителя нелинейная, и более точный отсчет по такой шкале получить нельзя. Точность измерения β и $I_{ко}$ транзисторов также около 10%.

Прибор (рис. 2) состоит из трех отдельных измерительных устройств, поочередно подключаемых к источнику питания и измерительному миллиамперметру в зависимости от требований измерений. При измерении тока и напряже-

ния источник питания (батарея) отключается, а миллиамперметр подключается к шунту как измеритель тока или к добавочным сопротивлениям как измеритель напряжения.

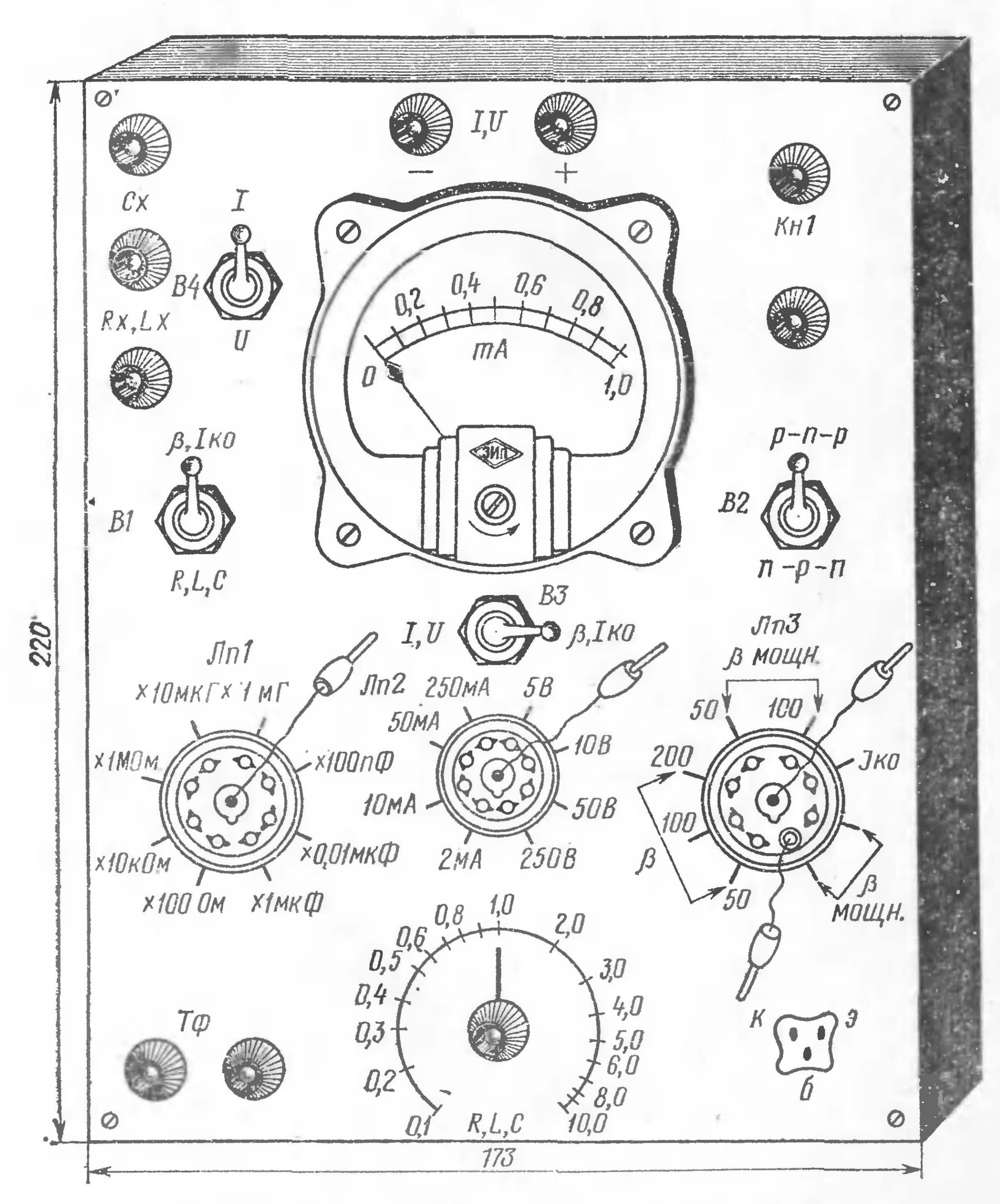


Рис. 1. Универсальный измерительный прибор

Измерение β и $I_{ко}$ производится на постоянном токе с фиксированным током базы, разным на разных пределах измерения. В этом случае, строго говоря, измеряется не β транзисторов, а статический коэффициент усиления $B_{ст}$.

Для измерения *R*, *L* и *C* используется звуковой генератор, собранный по схеме мультивибратора. Колебания генератора подаются на измерительный мост через два усилителя, чтобы исключить влияние моста на работу мультивибратора. Плечами измерительного моста являются измеряемый и эталонные элементы, с одной стороны,

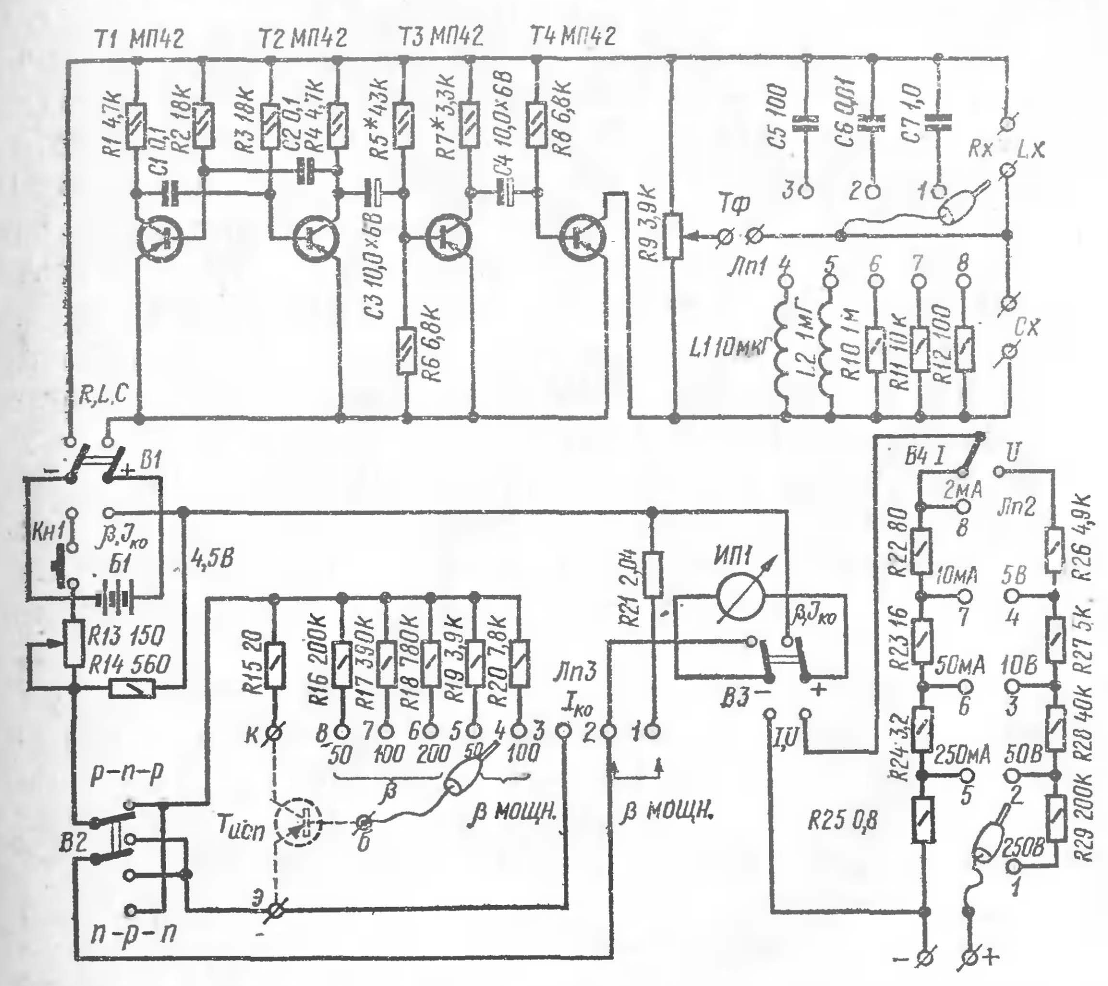


Рис. 2. Принципиальная схема универсального измерительного прибора

и переменное измерительное сопротивление, с другой. Индикатором служит телефон.

Детали в приборе могут применяться любых типов. Резисторы — МЛТ, ВС, УЛМ и др. мощностью 0,125—0,25 Вт и больше. Для эталонных сопротивлений лучше применять резисторы ВС-0,25 или ВС-0,5. Номиналы резисторов мультивибратора могут отличаться от указанных на схеме раза в два-три: прибор все равно будет работать, изменится только тон звука. Резисторы усилителей должны иметь точность ± 20%. Эталонные резисторы для моста *RLC* и особенно резисторы шунта и добавочные резисторы вольтметра нужно подбирать с возможно большей точностью.

Например, если резистор *R22* имеет сопротивление 80 Ом, то необходимо на каком-нибудь хорошем измерительном приборе подобрать из нескольких резисторов с номинальным сопротивлением 75 или 82 Ом резистор с сопротивлением, наиболее близким к 80 Ом. Таким же способом среди нескольких близких по номинальному сопротивлению резисторов выбирается каждый эталонный резистор. На точном измерительном приборе подбираются и конденсаторы, и катушки индуктивности. Резисторы сопротивлением 20 Ом и ниже наматывают на корпусах высокоомных резисторов проводом высокого сопротивления. Конденсаторы можно использовать также любого типа. Конденсаторы измерительного моста должны быть подобраны точно в соответствии с рекомендациями схемы, а емкости конденсаторов мультивибратора и усилителей могут отличаться от указанных на схеме в два-три раза. Транзисторы в измерителе *RLC* низкочастотные, одной или даже разных марок. В мультивибратор лучше ставить транзисторы одной марки.

В качестве измерительного миллиамперметра использован прибор М358, но может быть взят и другой, с полным током отклонения 1 мА и внутренним сопротивлением 100 Ом.

Переключатели *В1—В3* типа Т2-2. Два средних контакта могут быть замкнуты на два контакта одной или два контакта другой контактной пары. Переключатель *В4* типа Т2-1. Он может замыкать между собой либо одну, либо другую пару контактов. Обычно для выбора предела измерений употребляются переключатели диапазонов, которые начинающим радиолюбителям достать затруднительно. Поэтому в предлагаемом приборе выбор предела измерений осуществляется с помощью октальных ламповых панелей. В отверстие ключа панели пропущен гибкий многожильный провод с припаянным на конце штырьком от цоколя лампы октальной серии. Место пайки обмотано изоляционной лентой. Полученной однополюсной вилкой и коммутируют гнезда панельки.

Зажимы, гнезда для телефонов, кнопка и ручки переменных резисторов сделаны из пластмассовых крышек тюбиков зубной пасты (рис. 3). Для штырька зажима (см. рис. 3,*а*) взят обыкновенный винт М3, укрепленный на лицевой панели прибора гайкой. Вторая гайка в горячем состоянии запрессована в крышку от тюбика. Гнезда для телефона сделаны из верхней резьбовой части тюбика,

которая продета в отверстие лицевой панели. Сверху навинчена крышка, предварительно просверленная по вертикали под штырь вилки телефона (см. рис. 3, *б*).

Кнопка также изготовлена из крышки от тюбика зубной пасты. Сначала в крышку запрессовывают гайку (см. рис. 3, *в*), затем сквозь отверстие в панели пропускают винт, на который надевают пружину, а сверху навинчивают крышечку с впрессованной гайкой. Под винтом располагают два разомкнутых контакта кнопки. Пружинка должна поддерживать винт с крышечкой так, чтобы он касался только верхнего контакта. Замыкание с нижним контактом происходит при нажатии кнопки.

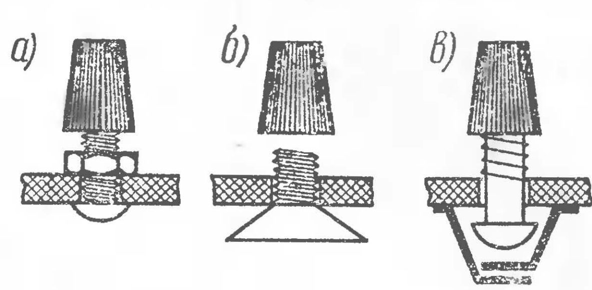


Рис. 3. Эскизы деталей прибора:
а — зажимы; *б* — гнезда для телефонов; *в* — кнопки

На ручки переменных резисторов надеты те же крышки от тюбиков с пастой. Чтобы получился указатель вида измерений, в них вплавляют кусочек жести в горячем состоянии.

Щупы для миллиамперметра и вольтметра удобно сделать из разноцветных корпусов от шариковых ручек.

Батарея питания может использоваться любого типа, напряжением 4—4,5 В. Она присоединяется к контактам «+» и «—» переключателя *В1*.

Прибор смонтирован в ящике из гетинакса. Размеры его 175 × 220 × 70 мм.

Все детали укрепляют непосредственно на лицевой панели прибора, только мультивибратор и усилители монтируют на отдельной маленькой плате, которую потом укрепляют на лицевой панели. Монтажная схема приведена на рис. 4. Батарея может быть укреплена в любом свободном месте передней панели или на задней стенке прибора.

Чтобы скрыть крепежные точки монтажа, на панель наклеивают белую плотную бумагу и на ней тушью вычерчивают все необходимые обозначения; после чего панель покрывают лаком (нитролак, лак НЦ-222 и т. д.). Этот способ изготовления передней панели был предложен А. М. Ачкасовым, участником 26-й Всесоюзной выставки радиолюбительского творчества.

Налаживание. Если прибор собран правильно, из предварительно проверенных деталей, то наладки он почти не

требуег. Нужно только подобрать номиналы резисторов *R5* и *R7* по наибольшей громкости звука в телефонах. Для этого телефоны вставляют в гнезда, движок резистора *R9* ставят в верхнее (по схеме) положение, а щуп с вилкой

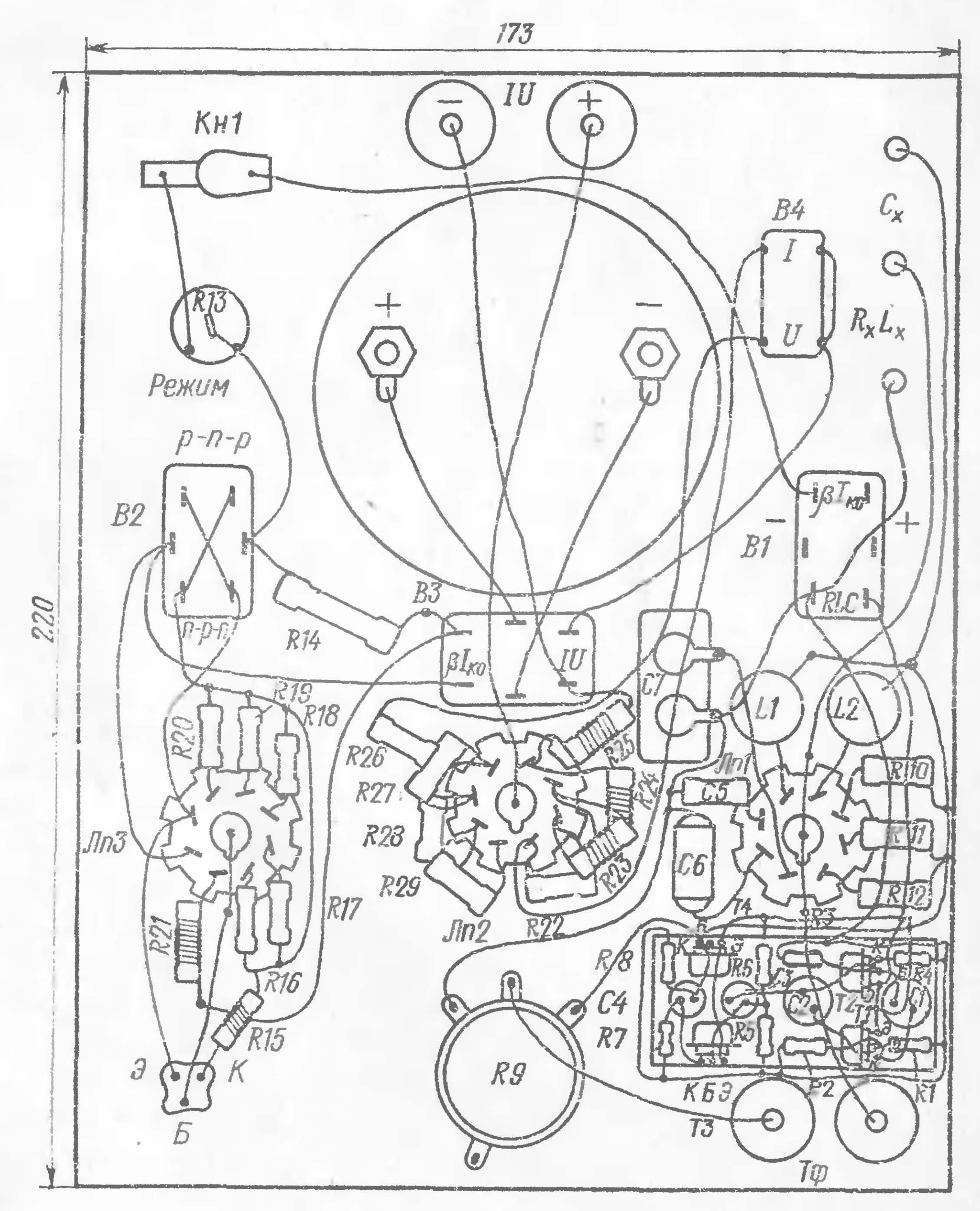


Рис. 4. Монтажная плата прибора

панельки *Лп1* вставляют в гнездо 1,0 МОм. Зажимы R_x, L_x и C_x должны быть свободны.

Чтобы пользоваться прибором, необходимо провести градуировку шкалы измерителя *RLC*. Для этой цели надо подготовить набор резисторов с сопротивлениями от 1 до

10 кОм — через 1 кОм и от 10 до 100 кОм — через 10 кОм. Резисторы должны быть отобраны с такой же точностью, как и эталонные. Установив все тумблеры в нужные положения, а вилку панельки *Лп1* в гнездо 10 кОм, к зажимам R_x поочередно подключают все резисторы от 1 до 100 кОм из подготовленного набора. Вращая ручку *RLC*, по минимуму звука в телефоне находят точку равенства измеряемого сопротивления и сопротивления эталонного резистора прибора. В этом месте, под указателем ручки *RLC*, делают отметку. Если к зажимам R_x подсоединен резистор 10 кОм, то на шкале ставят точку 1,0, если 1 кОм — точку 0,1, если 100 кОм — точку 10 и т. д. Градуировать шкалу для измерения емкости и индуктивности не требуется, поскольку градуировка их такая же, как и для измерения сопротивлений.

Измерение номиналов неизвестных резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности производится также по минимуму звука в телефонах. Результат читается по шкале *RLC* и умножается на обозначение того гнезда панельки *Лп1*, в которое включен штырек вилки. При измерениях *RLC* переключатель *B1* должен стоять в положении *RLC*. Положения других переключателей безразличны.

Для измерения тока или напряжения переключатель *B3* надо поставить в положение *I*, *U*, выбрать предел измерения, подключить щупы к зажимам «+» и «—», переключатель *B4* поставить на нужный предел измерения; положения переключателей *B1* и *B2* безразличны.

Для измерения β и $I_{ко}$ транзисторов переключатели *B1* и *B3* должны находиться в положении $\beta I_{ко}$. Переключатель *B2* в положении, соответствующем полярности измеряемого транзистора; положение переключателя *B4* безразлично. Штырь однополюсной вилки должен быть вставлен в то гнездо панельки *Лп3*, которое нужно для измерений. При этом в случае измерения β мощных транзисторов, во избежание сгорания миллиамперметра, гнезда *1* и *2* ламповой панельки *Лп3* должны быть обязательно замкнуты специальной перемычкой. При этом изменяется предел измерения миллиамперметра и полный ток его отклонения становится равным 50 мА.

До измерения β и $I_{ко}$ маломощных транзисторов может быть произведена проверка и подгонка напряжения питания. Для этого перемычкой, употреблявшейся при измерении β мощных транзисторов, замыкают гнезда «$I_{ко}$» и «50 β

мощн» панели *Лп3*, нажимают на кнопку и ручкой резистора *R13* устанавливают стрелку миллиамперметра на деление 1,0. В этом случае на измерительную схему будет подаваться напряжение 4 В. При измерении β мощных транзисторов резистор *R13* должен быть полностью выведен.

При измерении $I_{ко}$ ток отсчитывается по шкале миллиамперметра непосредственно в долях миллиампера.

ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ С КВАРЦЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ

В. Ринский

Предлагаемый вниманию читателей генератор может служить источником запускающих и калибровочных импульсов при работе с пересчетными схемами, измерителями временных интервалов, осциллографами и другими устройствами. В приборе используется принцип получения разностной частоты в результате биений между высокочастотными колебаниями двух генераторов с кварцевой стабилизацией.

Форма импульсов колоколообразная или прямоугольная. Полярность импульсов положительная или отрицательная. Амплитуда регулируется в пределах от 0 до 100 В ± 10%. Частота повторения импульсов 1000 Гц ± 0,2%. Длительность одного импульса 60 мкс ± 10% (на уровне 0,1 амплитудного). Длительность переднего и заднего фронтов прямоугольного импульса 10 мкс ± 10%. Крутизна фронта 10 В/мкс ± 20%. Генератор питается от батареи «Крона ВЦ», потребляя ток не более 13 мА. Размеры его 130×95×55 мм, масса с источником питания 350 г.

Принципиальная схема. Прибор (рис. 1) состоит из двух генераторов с кварцевой стабилизацией, выполненных на транзисторах *T1* и *T2*, буферного усилителя на транзисторе *T3*, смесителя на диоде *Д1*, эмиттерного повторителя на транзисторе *T4* и усилителя-формирователя импульсов на транзисторе *T5* и диоде *Д2*.

Генераторы, входящие в прибор, собраны по трехточечной схеме с емкостной связью, которая позволяет возбуждать даже малоактивные резонаторы. Разность частот генераторов равна 1000 Гц. Синусоидальные напряжения с выходов обоих генераторов поступают на базу транзистора *T3* и далее через согласующий трансформатор *Тр1* на диодный смеситель *Д1*.

Выделенное смесителем напряжение биений частотой 1000 Гц после фильтрации высокочастотных составляющих цепью *C7 R4 C8* поступает на нагрузочный резистор *R5*, одновременно выполняющий функции регулятора амплитуды. Напряжение на резисторе *R5* имеет форму колоколо-

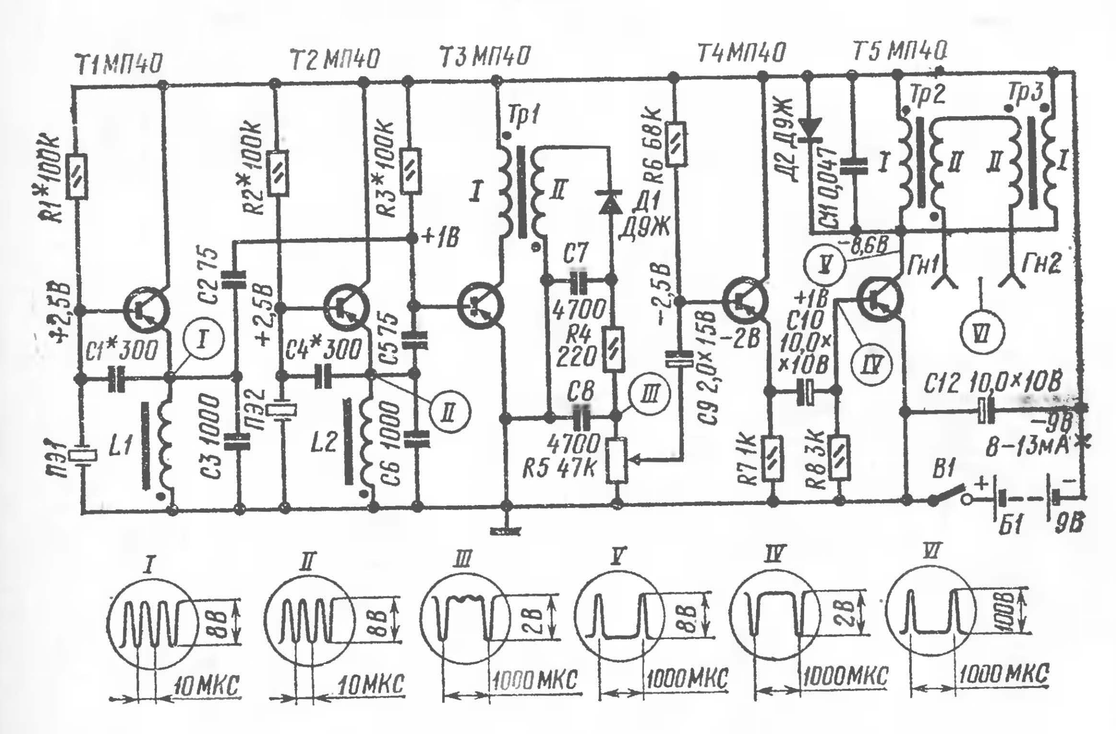


Рис. 1. Принципиальная схема генератора импульсов

образных импульсов отрицательной полярности с амплитудой 2 В и периодом повторения 1000 мкс.

Эмиттерный повторитель на транзисторе *T4* согласует большое выходное сопротивление смесителя с малым входным сопротивлением усилителя-формирователя импульсов, выполненного по схеме с общим эмиттером. При поступлении на базу транзистора *T5* отрицательных импульсов он открывается и в его коллекторной цепи протекают импульсы тока. Амплитуда импульсов повышается с помощью импульсных трансформаторов *Тр2* и *Тр3*, первичные обмотки которых соединены между собой параллельно, а вторичные — последовательно. Диод *Д2* и конденсатор *C11* включены параллельно первичным обмоткам для улучшения формы импульсов.

Соединение обмоток трансформаторов *Тр2* и *Тр3* по комбинированной схеме позволило упростить их конструк-

цию, уменьшить влияние распределенных емкостей обмоток и улучшить согласование трансформаторов с транзистором *Т5*. В результате оказалось возможным получить на выходе прибора импульсы большой амплитуды при облегченном режиме транзистора *Т5* и малом потреблении тока от низковольтного источника питания. Поскольку вторичные обмотки трансформаторов *Тр1* и *Тр2* не связаны гальванически с остальными элементами схемы, с выходных гнезд *Гн1*, *Гн2* можно снимать импульсы любой полярности в зависимости от порядка соединения гнезд с нагрузкой прибора.

Детали. В приборе могут применяться кварцевые резонаторы *Пэ1* и *Пэ2* с частотами порядка 100—200 кГц, отличающимися на 1000 Гц (в радиолюбительской практике такие пары резонаторов иногда используют в узкополосных приемниках). Пригодны также резонаторы, разность частоты которых несколько отличается от требуемой. В этом случае потребуется подгонка частоты резонаторов, о которой будет рассказано ниже.

Транзисторы *Т1—Т5* с коэффициентами усиления $B_{ст}$= 20—25 можно заменить любыми низкочастотными транзисторами, а *Т1—Т3* — также и высокочастотными. Диоды Д9Ж (*Д1*, *Д2*) можно заменить точечными диодами Д9Б—Д9Л или Д2Б—Д2И.

Катушки и трансформаторы генератора намотаны на кольцевых сердечниках К10×6×5 из феррита 1000 НН. Катушки *L1* и *L2* содержат по 150 витков провода ПЭЛШО 0,18, намотанных равномерно по всей окружности кольца при помощи челнока. Трансформатор *Тр1* намотан на двух кольцах, склеенных вместе клеем БФ-2. Обмотка *I* имеет 400 витков провода ПЭВ 0,09, обмотка *II* — 160 витков того же провода. Трансформаторы *Тр2* и *Тр3* одинаковые, каждый из них намотан на двух склеенных кольцах. Обмотки *I* имеют 100 витков ПЭЛШО 0,18, обмотки *II* — 300 витков ПЭВ 0,09. Для защиты обмоток от влаги и механических повреждений катушки и трансформаторы покрыты слоем полистирольного клея.

Конденсаторы *С1—С6* — КСО, группы Г, с допуском ± 5%; *С7*, *С8* — КДС или КСО; *С11* — БМ или МБМ; остальные — К50-3 или ЭМ. Постоянные резисторы — УЛМ, ВС-0,125 или МЛТ-0,25. Переменный резистор *R5* с линейной зависимостью сопротивления от угла поворота оси (группа А) спарен с выключателем *В1*.

Батарея «Крона ВЦ» (*Б1*) может быть заменена на любой другой источник питания напряжениям 8—10 В.

Конструкция и монтаж. Генератор импульсов смонтирован на прямоугольной плате из ударопрочного полистирола (пригодны также гетинакс и органическое стекло) размерами 122×86×2 мм. На одной стороне платы расположены все детали (рис. 2), а на другой — электрические соединения, выполненные голыми непересекающимися проводниками. Возможно применение печатного монтажа.

Батарея *Б1* отделена от остальных деталей перегородкой из полистирола и соединяется с прибором гибкими изолированными проводниками при помощи разъема от такой же батареи. Перегородка, катушки и трансформаторы приклеены к поверхности платы полистирольным клеем.

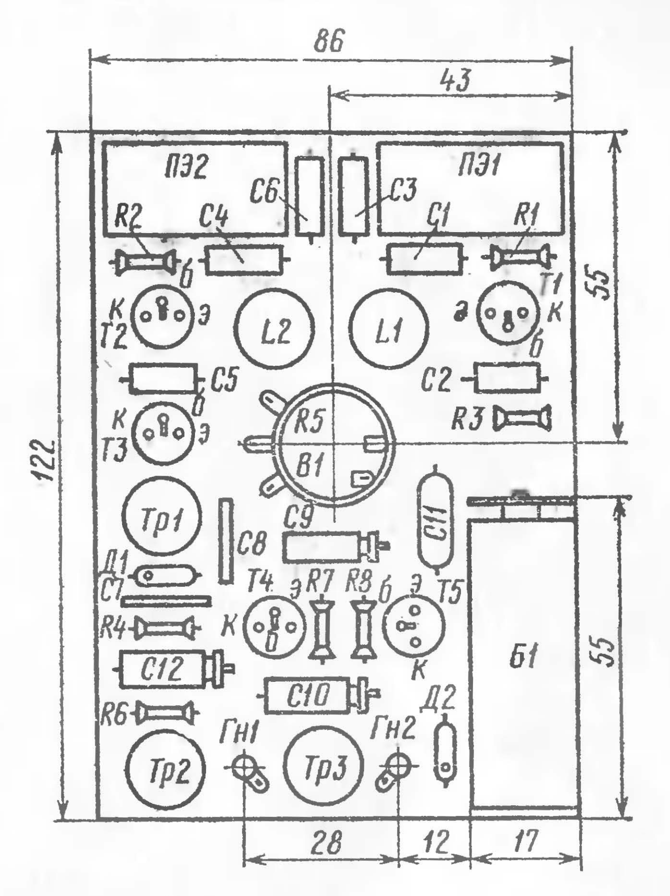


Рис. 2. Размещение деталей генератора импульсов на монтажной плате

Монтажная плата с укрепленными на ней деталями заключена в корпус из ударопрочного полистирола размерами 130×95×40 мм, имеющий съемную нижнюю крышку. Втулка привинченного к плате переменного резистора *R5* проходит сквозь отверстие в корпусе и крепится к нему гайкой, благодаря чему фиксируется положение платы. В корпусе просверлены также два отверстия для выходных гнезд *Гн1* и *Гн2*.

Как показали эксперименты на макетах, взаимное расположение деталей и соединительных проводников не оказывает заметного влияния на работу генератора, поэтому, в случае необходимости, например, при использовании других деталей, конструкция прибора может быть изменена без ущерба для его параметров.

Налаживание. Рекомендуемые режимы транзисторов прибора, измеренные относительно положительного полюса батареи при работе обоих высокочастотных генераторов, приведены на рис. 1.

Предварительный подбор кварцевых резонаторов можно произвести резонансным методом при помощи генератора стандартных сигналов и электронного вольтметра. Частота колебаний резонаторов в действующем генераторе ориентировочно определяется с помощью градуированного радиоприемника или гетеродинного частотомера.

Для измерения частоты повторения генерируемых прибором импульсов существуют различные методы. В любительских условиях частоту повторения импульсов удобнее измерять с помощью электронного осциллографа и образцового генератора звуковой частоты. Для этого на вертикальный вход осциллографа подают напряжение с выхода налаживаемого генератора импульсов, а на горизонтальный (при выключенной развертке) — с выхода образцового генератора. Медленно изменяя частоту образцового генератора, получают на экране осциллографа изображение одного импульса, движущееся в горизонтальном направлении. Подстраивая образцовый генератор, добиваются замедления движения или даже кратковременной остановки изображения импульса. При этом частота повторения импульсов равна частоте образцового генератора. Погрешность измерения частоты таким методом зависит от погрешности образцового генератора и при использовании распространенных генераторов ГЗ-2 (ЗГ-10), ГЗ-33 достигает 2%.

Более точно частоту повторения импульсов можно измерить с помощью электронного частотомера с цифровым отсчетом, например ЧЗ-2, ЧЗ-5, или пересчетного прибора с калиброванным временем экспозиции, например ПП-12.

Если не удастся найти кварцевые резонаторы с разностью частот 1000 Гц, можно использовать резонаторы, разность частот которых близка к этому значению, предварительно подогнав их частоты. В любительских условиях рекомендуется повышать частоту одного из резонаторов. Для этого следует извлечь из кварцедержателя кварцевую пластинку, уложить на ровную поверхность и несколько уменьшить толщину ее серебряного покрытия, осторожно стирая его чернильной (красной) резинкой. Неметаллизированные кварцевые пластинки подвергают осторожной шлифовке на микронной наждачной бумаге, уложенной на ровную поверхность, например на зеркальное стекло. После обработки пластинка должна быть промыта этиловым (винным) спиртом. Постепенно уменьшая толщину серебряного покрытия пластинки, необходимо периодически контролировать частоту повторения импульсов генератора одним из описанных выше методов.

После подгонки частоты следует подобрать сопротивления резисторов *R1* и *R2* так, чтобы форма напряжений на эмиттерах транзисторов *T1* и *T2* была близка к синусоидальной.

Окончательную подгонку частоты повторения импульсов производят, подбирая емкости конденсаторов *C1* и *C4*.

Результаты испытаний. Параметры импульсов на выходе генератора измерялись при помощи электронного осциллографа 25-И, имеющего калибраторы амплитуды и длительности наблюдаемых импульсов.

При повороте оси переменного резистора *R5* в пределах 0—180° амплитуда колоколообразного выходного импульса плавно изменяется от 0 до 100 В $\pm$ 10%. Длительность колоколообразного импульса практически не зависит от его амплитуды и равна 60 мкс $\pm$ 10% (на уровне 0,1 амплитудного).

При дальнейшем повороте оси переменного резистора амплитуда выходного импульса ограничивается, и он приобретает форму, близкую к прямоугольной. Длительность переднего фронта прямоугольного импульса равна 10 мкс $\pm$ 10%, вершины — 40 мкс $\pm$ 10%, заднего фронта — 10 мкс $\pm$10%.

Частота повторения выходных импульсов генератора измерялась пересчетным прибором типа ПП-12 в режиме счета импульсов при калиброванном времени экспозиции. Результаты измерений приведены в таблице.

Таким образом, наибольшее абсолютное отклонение частоты повторения импульсов от заданного значения (1000 Гц) составляет 1,26 $\pm$ 0,06 Гц. Поэтому наибольшая относительная погрешность установки частоты не превышает 0,132% и действительное значение частоты не выходит за указанные выше пределы (1000 Гц $\pm$ 0,2%). В данном случае нет необходимости в более точной подгонке частоты резонаторов с помощью конденсаторов *C1* и *C4*.

Применение генератора. Описываемый генератор импульсов может использоваться в качестве генератора ме-

ток времени для получения калиброванной развертки электронных осциллографов. При этом импульсы с выхода генератора в соответствующей полярности должны быть приложены к модулятору или катоду электронно-лучевой трубки осциллографа.

Номер отсчета	Время экспозиции, с	Число отсчетов, имп.	Частота, Гц	Погрешность, Гц
1	100	100121	1001,21	—0,05
2	100	100118	1001,18	—0,08
3	100	100123	1001,23	—0,03
4	100	100128	1001,28	+0,02
5	100	100138	1001,38	+0,12

Такие генераторы находят применение и в измерителях временных интервалов, а также в некоторых приборах с цифровым отсчетом. В этих приборах подлежащие измерению величины (напряжение, частота, разность фаз и др.) преобразуются во временные интервалы, которые заполняются импульсами генератора. Число заполняющих импульсов регистрируется электронным счетчиком, показания которого соответствуют значению измеряемой величины.

Поскольку описываемый генератор имеет большую амплитуду выходного напряжения, его целесообразно также применять в качестве источника периодических импульсов, запускающих электронные счетчики на приборах тлеющего разряда, для которых необходимы импульсы с амплитудой порядка десятков вольт.

Период повторения импульсов описываемого генератора равен 1000 мкс $\pm$ 0,2%. Если соединить его со счетчиком импульсов, например декатронным, то число зарегистрированных импульсов будет соответствовать интервалу времени, выраженному в миллисекундах. Такое сочетание генератора со счетчиком импульсов представляет собой электронный миллисекундомер высокой точности.

МАГНИТОФОН-ДИКТОФОН МД-72АА

В. Ананьев, А. Ананьев

Магнитофон-диктофон МД-72АА позволяет производить высококачественную запись на магнитную ленту звуковых программ от микрофона, звукоснимателя, радиоприемника, телевизора и радиотрансляционной линии, переписывать фонограммы с другого магнитофона, а также прослушивать записанные музыкальные и речевые программы. В диктофонном режиме магнитофон-диктофон МД-72АА обеспечивает диктовку записанной речи, выдавая слово или группу слов и делая при этом паузы для перепечатывания на машинке или записи от руки.

Предлагаемый аппарат (рис. 1) может быть широко использован для записи лекций, докладов, выступлений,

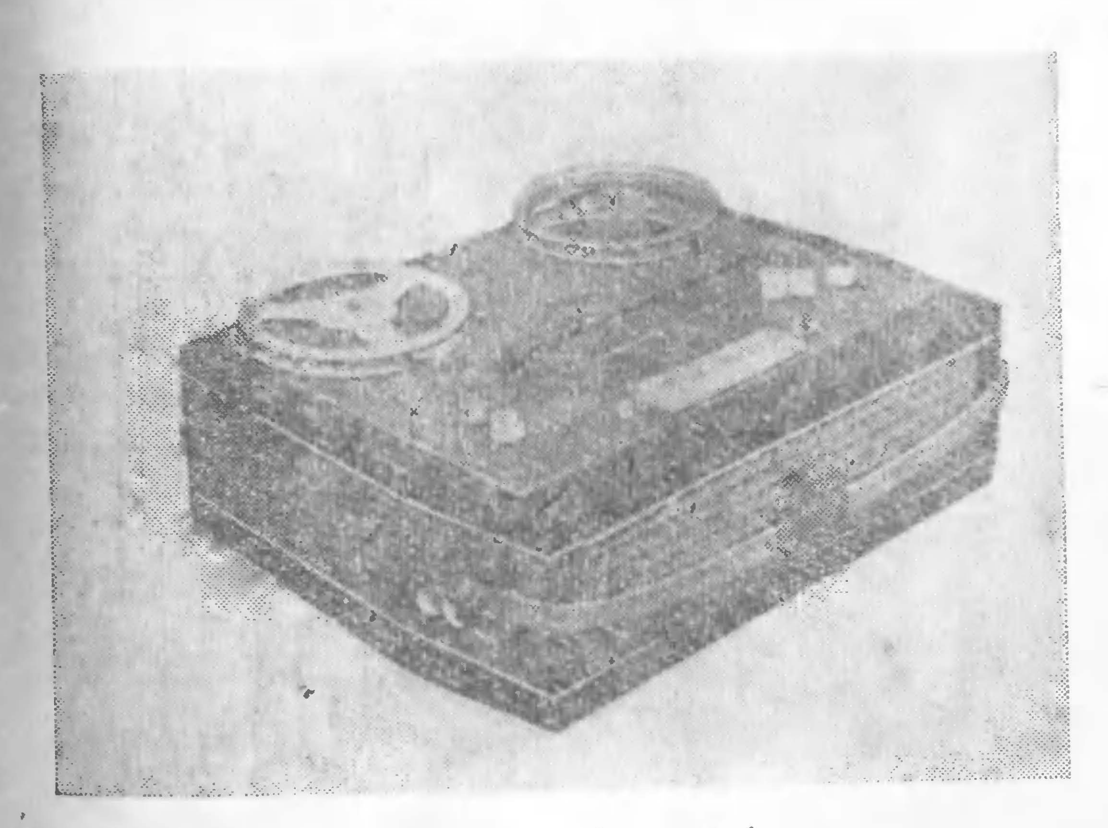


Рис. 1. Магнитофон-диктофон

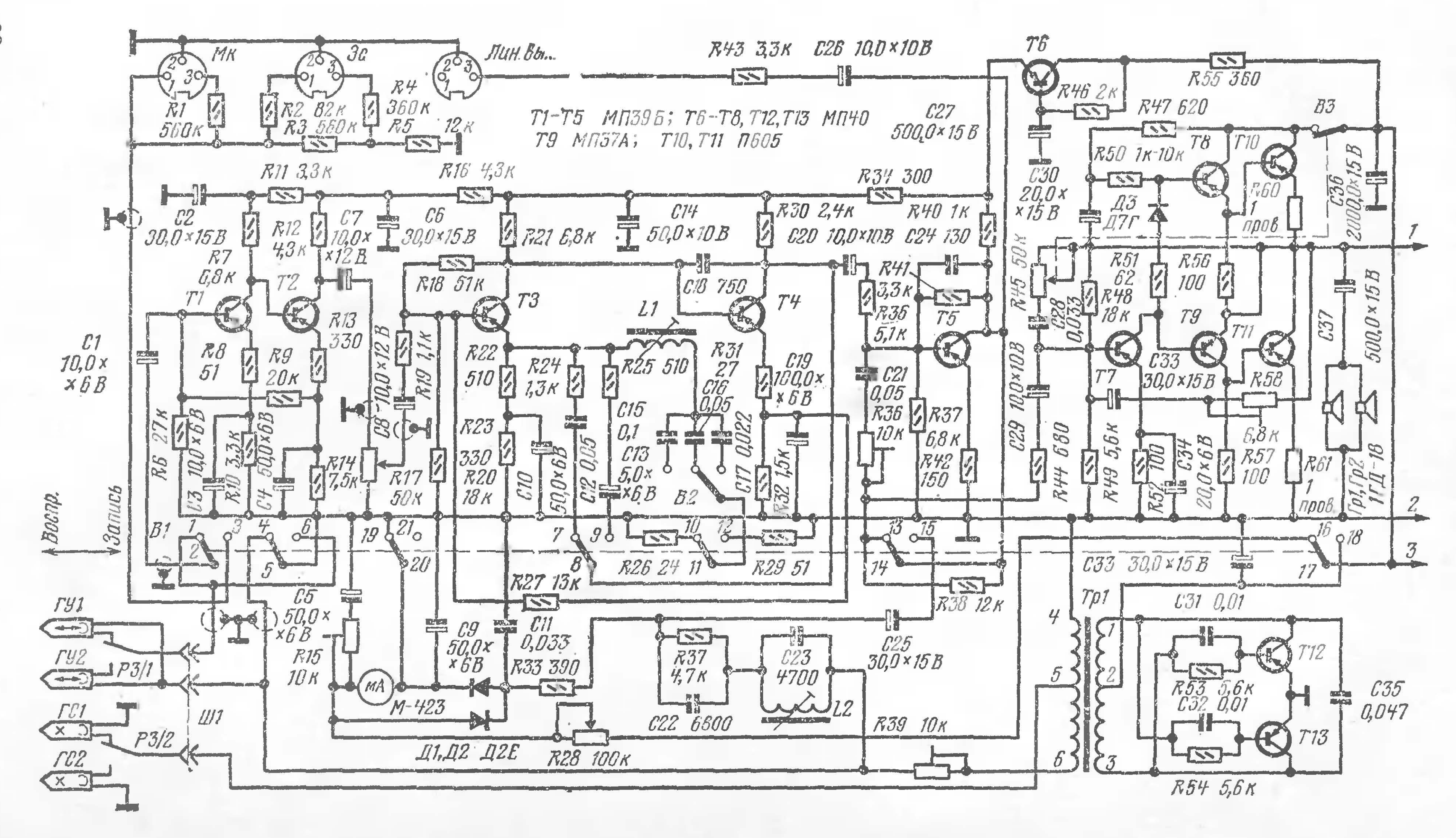


Рис. 2. Принципиальная схема магнитофона-диктофона (продолжение см. с. 69).

Все переключатели находятся в положении «Воспроизведение» на скорости 9,53 см/с

а также, в известной степени, для изучения иностранных языков.

Как правило, при изучении иностранного языка учащегося затрудняют новые необычные звуковые сочетания, особенно на первом этапе изучения нового материала, а также тогда, когда написание слов не соответствует их произношению. Конечно, здесь можно использовать обычный магнитофон для прослушивания речевого текста, но при этом учащийся не успевает осмыслить труднопроизносимые слова, тем более повторять их, так как магнитофон не прерывает воспроизведения речевого текста. Другое дело — диктофон. Здесь воспроизводится слово или группа слов, после чего делается пауза, которую к тому же можно регулировать. Это позволяет не только осмыслить прослушиваемый текст, но и тут же во время пауз между группами слов повторять трудные слова и фразы и даже осмысливать фонетические построения.

В свою очередь, прослушивая речь учащегося, учитель имеет возможность анализировать не только правильность речи и произношение, но и правильность речевого построения.

Уже сейчас описываемый магнитофон-диктофон может полностью заменить тяжелый труд стенографистки, а при известной доработке стать средством механизации труда административно-управленческого аппарата на промышленных предприятиях и в научных учреждениях.

Магнитофон-диктофон позволяет записывать и воспроизводить записи со скоростью 4,76; 9,53; 19,06 см/с. Запись двухдорожечная. При использовании катушек, вмещающих 500 м магнитной ленты, длительность звучания записи на каждой из дорожек при скорости 4,76 см/с — 184 мин, 9,53 см/с — 92 мин, 19,05 см/с — 46 мин. Чувствительность канала записи-воспроизведения: с микрофонного входа 3 мВ, со входа звукоснимателя и радиоприемника 200 мВ, входа радиотрансляционной сети 10 В. Диапазон рабочих частот: на скорости 19,05 см/с 60—14 000 Гц, 9,53 см/с 60—10 000 Гц, 4,76 см/с 80—6000 Гц. Номинальная выходная мощность на частоте 400 Гц при номинальном уровне записи 1,5 Вт. Коэффициент нелинейных искажений 3%. Уровень собственных шумов 45 дБ.

Питается магнитофон-диктофон от сети переменного тока напряжением 110, 127 или 220 В. Мощность, потребляемая от сети в режиме воспроизведения 67 Вт, в режиме записи 75 Вт, в режиме перемотки 60 Вт.

Электрическая схема. Усилитель магнитофона-диктофона универсальный (рис. 2). Каскады предварительного усиления выполнены на пяти транзисторах *T1—T5*. Первый, второй (*T1*, *T2*) и третий, четвертый (*T3*, *T4*) каскады предварительного усилителя имеют гальваническую связь, что обеспечивает высокую стабильность рабочих точек транзисторов, позволяя получить необходимое усиление. Стабилизация рабочих точек транзисторов *T1*, *T2* достигается цепью отрицательной обратной связи по постоянному току *R13*, *R9*, *R6* с эмиттера транзистора *T2* на базу транзистора *T1*.

Стабилизация рабочих точек транзисторов *T3*, *T4* также обеспечивается цепью обратной связи по постоянному току *R31*, *R27*, но уже с эмиттера транзистора *T4* на базу транзистора *T3*.

Резистор *R17*, включенный между вторым и третьим каскадами усилителя, служит регулятором уровня записи и громкости.

Частотная характеристика усилителя в режимах воспроизведения и записи корректируется в третьем и четвертом каскадах (*T3*, *T4*) цепью коррекции *L1*, *C15*, *C16*, *C17*.

В режиме записи частотная характеристика в полосе частот 50—3000 Гц линейная благодаря цепи отрицательной обратной связи *R25*, *C13*. Глубина этой обратной связи не зависит от частоты. На частотах свыше 3000 Гц усиление возрастает, поскольку на этих частотах контур коррекции *L1C16* уменьшает глубину обратной связи.

Подъем частотной характеристики, компенсирующий щелевые потери в универсальной головке, регулируется резистором *R26* в режиме воспроизведения и *R29* в режиме записи.

В режиме записи напряжение звуковой частоты из коллекторной цепи транзистора *T5* через конденсатор *C25* поступает на универсальную головку и индикатор уровня записи, через конденсатор *C26* — на линейный выход, а через резистор *R38* — на оконечный усилитель. При этом громкость звучания резко снижается, но остается достаточной для слухового контроля записи.

Оконечный усилитель собран на транзисторах *T7—T11*. Каскад предварительного усилителя выполнен на транзисторе *T7* по схеме с общим эмиттером. Он содержит цепь

отрицательной обратной связи *R45*, *C28*, выполняющую функцию регулятора тембра. С помощью потенциометра *R45* можно корректировать частотную характеристику в области высших звуковых частот. В цепь коллектора транзистора *T7* включены резистор *R51* и диод *Д3*, повышающие температурную стабильность каскада.

Усилитель мощности выполнен по двухтактной бестрансформаторной схеме на транзисторах *T8*, *T9*, *T10* и *T11*, он нагружен на два громкоговорителя 1ГД-18.

Для уменьшения нелинейных искажений оконечный усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью. Напряжение обратной связи снимается с выхода усилителя и через цепь *C33*, *R58* подается на базу транзистора *T7*.

Высокочастотный генератор собран на транзисторах *T12* и *T13* по схеме симметричного мультивибратора с избирательной нагрузкой в цепи коллектора. Частота генератора 55 ± 5 кГц. Оптимальный ток подмагничивания устанавливается резистором *R39*. Контур *L2 C23*, настроенный на частоту генератора, защищает универсальный усилитель от напряжения ВЧ генератора. Номинальный ток записи 0,35 мА, ток стирания 100 мА, оптимальный ток подмагничивания 3 мА.

В схеме индикатора записи используется детектор на диодах *Д1*, *Д2*, нагруженный на стрелочный прибор М423. При установке максимального уровня записи стрелка индикаторного прибора устанавливается на границе двух цветов с помощью регулятора уровня записи *R15*. В режиме воспроизведения прибор показывает напряжение источника питания. Стрелка находится на красном поле.

Обратные связи, охватывающие несколько каскадов, требуют тщательной фильтрации по цепям питания. Поэтому в предварительном усилителе все каскады развязаны цепочками *C2*, *R11*, *C6*, *R16*, *C14*, *R34*.

Для развязывания универсального усилителя и усилителя мощности по цепям питания служит фильтр питания на транзисторе *T6*.

Для выполнения диктофонных функций в усилитель введена система автоматического управления лентопротяжным механизмом инженера А. Румянцева. Принцип работы этой системы был описан в журнале «Радио» за 1965 год, № 5, стр. 42, поэтому остановимся лишь на внесенных в нее изменениях. Вместо диодов Д2Е использованы диоды Д9Б, вместо реле *P1* типа РЭС-9 (РС4.524.204) использовано реле РЭС-9 (РС4.524.201), не требующее переделки, с током срабатывания 20 мА. Реле *P2* типа РЭС-10 заменено на реле РЭС-10 (РФ4. 524.302), также не требующее переделки, с током срабатывания 19 мА. Конденсаторы *C1* и *C2* (в нашей схеме *C38* и *C39*) типа КЭГ заменены конденсаторами К50-6.

Система автоматического управления лентопротяжным механизмом выполнена в виде отдельного блока на гетинаксовой плате размерами 75×124 мм и размещена с левой стороны на общей плате усилителя магнитофона под декоративной панелью.

Во время работы магнитофона в режиме диктофона на правый и левый двигатели лентопротяжного механизма с помощью переключателя *B8* и резисторов *R69* и *R73* подается одинаковое напряжение 60 В. Поскольку двигатели вращаются в противоположные стороны, при отключении лентопротяжного механизма лента находится в натянутом состоянии и стоит на месте. Как только кончится пауза и магнит прижимного ролика притянет прижимный ролик, движение ленты возобновляется.

Детали. В усилителе использованы постоянные резисторы — МЛТ-0,12 и переменные — СП5-2; электролитические конденсаторы *C4*, *C7*, *C8*, *C12*, *C14* и *C25* — К50-3, остальные — К50-6.

Катушка коррекции *L1* содержит 400 витков провода ПЭВ-1 0,09; она размещена в сердечнике *Ч5* из феррита 600НН. Катушка *L2* фильтра-пробки используется от магнитофона «Романтик-3»; она содержит 240 витков провода ПЭВ-1 0,14. Трансформатор высокочастотного генератора — также от магнитофона «Романтик-3»; обмотка *1-2-3* содержит 37×2 витков провода ПЭВ-1 0,14; обмотка *4-5* — 80 витков провода ПЭВ-1 0,1 и обмотка *5-6* — 200 витков того же провода.

Усилитель магнитофона-диктофона МД-72АА питается от общего источника питания, который включает трансформатор *Tp2*, два выпрямителя, сглаживающие фильтры *C41*, *C42* и пассивный стабилизатор напряжения.

Выпрямитель для питания усилителя и диктофонной приставки собран на диодах *Д8—Д11* по мостовой схеме. Функцию регулирующего элемента стабилизатора выполняет транзистор *T16*. Опорным элементом стабилизатора является кремниевый стабилитрон *Д12*, включенный в цепь базы этого транзистора.

Выпрямитель для питания электротормозов собран на двух диодах *Д6*, *Д7*.

Силовой трансформатор *Тр2* собран на сердечнике Ш-24; толщина набора 45 мм; первичная обмотка *1-7* содержит 1100 витков провода ПЭВ 0,44; обмотка *8-9* — 75 витков провода ПЭВ 0,31; обмотка *10-11* — 135 витков провода ПЭВ 0,5 и экранирующая обмотка *12* — один ряд провода ПЭВ 0,2.

Магнитофон снабжен автоматом отключения магнитофона-диктофона от сети по окончании ленты на второй дорожке, собранном на реле *Р5* (РСЗ 259038 сп 26).

Лентопротяжный механизм (рис. 3) состоит из узла перемотки, узла прижимного ролика, блока головок, узла ведущего двигателя, механизма переключения скоростей, узла ведущего вала и клавишного переключателя. Все узлы использованы от фабричных магнитофонов. Электромагнит прижимного ролика — от «Мелодии», подкатушечники и ленточные тормоза — от «Тембра», магнитные головки — от «Романтика-3», узел ведущего вала и механизм переключения скорости — от «Кометы МГ201» и клавишный переключатель — от магнитофона «Айдас».

Узел перемотки содержит два электродвигателя типа КДП, ленточные тормоза *29* и электромагниты *28*. Время перемотки катушки, вмещающей 500 м ленты, 50 с. Непосредственно на оси двигателей надеты подкатушечники *30*, связанные с ленточными тормозами *29*.

В режимах записи, воспроизведения и перемотки ленточные тормоза отводятся с помощью электромагнитов *28*, питающихся постоянным напряжением 24 В. Применение отдельных тормозов исключило образование петель магнитной ленты при переходе с одного режима на другой.

Узел прижимного ролика состоит из электромагнита, *31*, рычага прижимного ролика *21* и планки с прижимным роликом *15*. Рычаг прижимного ролика *21* жестко соединен с сердечником электромагнита и имеет четыре стойки, две из которых служат для крепления планки с прижимным роликом, а две являются направляющими при заправке ленты и одновременно служат для прижима ленты к головкам при записи и воспроизведении и отвода ее при перемотке. Прижимный ролик жестко укреплен на планке *16*, мягко соединенной со стойками *13* рычага прижимного ролика. Таким образом, при прижиме к ведущему валу *33* прижимный ролик полностью с ним соосен.

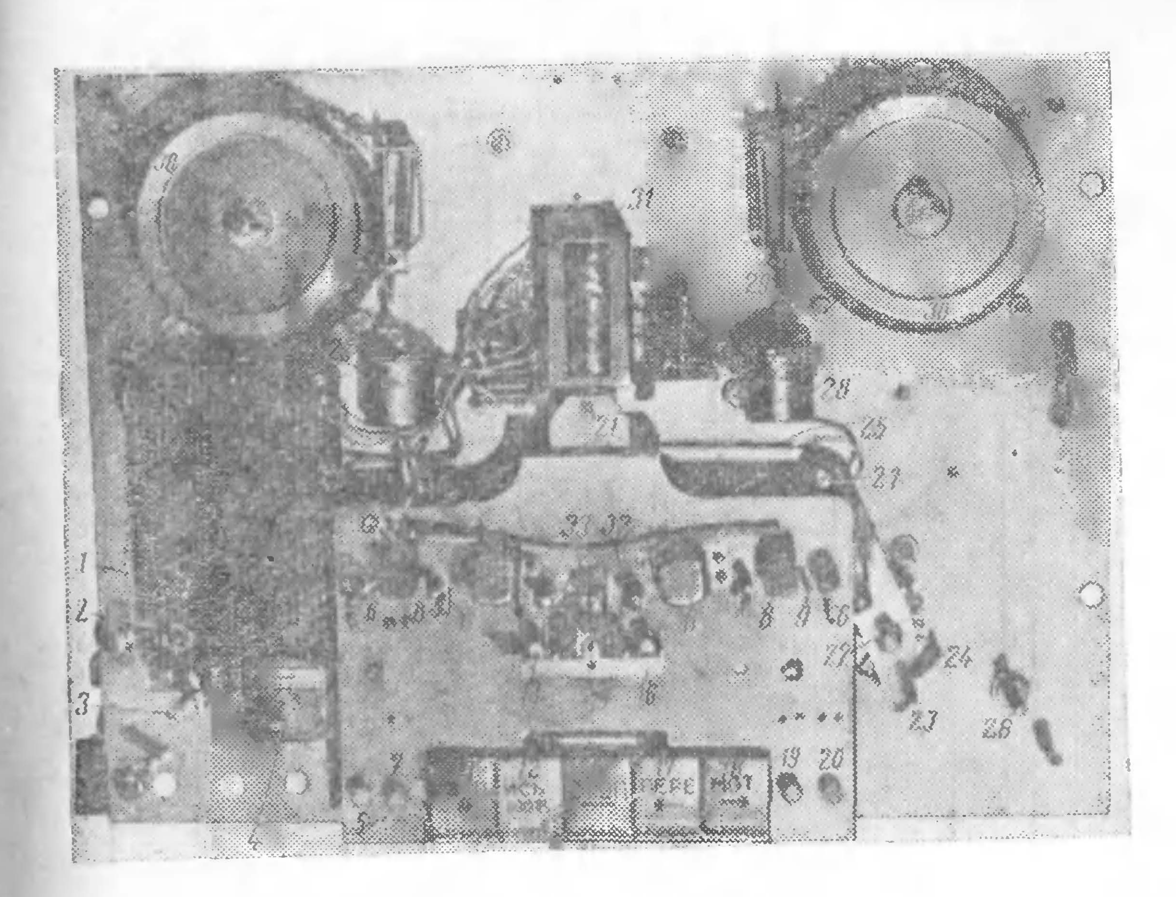


Рис. 3. Размещение деталей на плате лентопротяжного механизма магнитофона-диктофона (вид сверху)

Блок головок состоит из двух универсальных *11* и двух стирающих *8* головок, реле переключения, укрепленного с нижней стороны платы, четырех направляющих колонок *6* и *32* и контактной стойки *9* для отключения питания.

Направляющие колонки служат для точной ориентации ленты относительно магнитных головок и препятствуют ее смещению в вертикальной плоскости. Две крайние колонки *6* изолированы от платы головок. Левая из них при заземлении металлизированным концом ленты приводит к срабатыванию реле, реверсированию ведущего двигателя и переключению магнитофона с первой дорожки на вторую.

При замыкании правой колонки *6* с контактной стойкой *9* магнитофон отключается от сети по окончании ленты на правой катушке.

Узел ведущего двигателя состоит из электродвигателя ЭДГ-2 с насадкой *27* на три скорости и механизма переключения скорости. Последний представляет собой переключатель на три положения, на оси которого насажен трехступенчатый кулачок 24, перемещающий рычаг переключа-

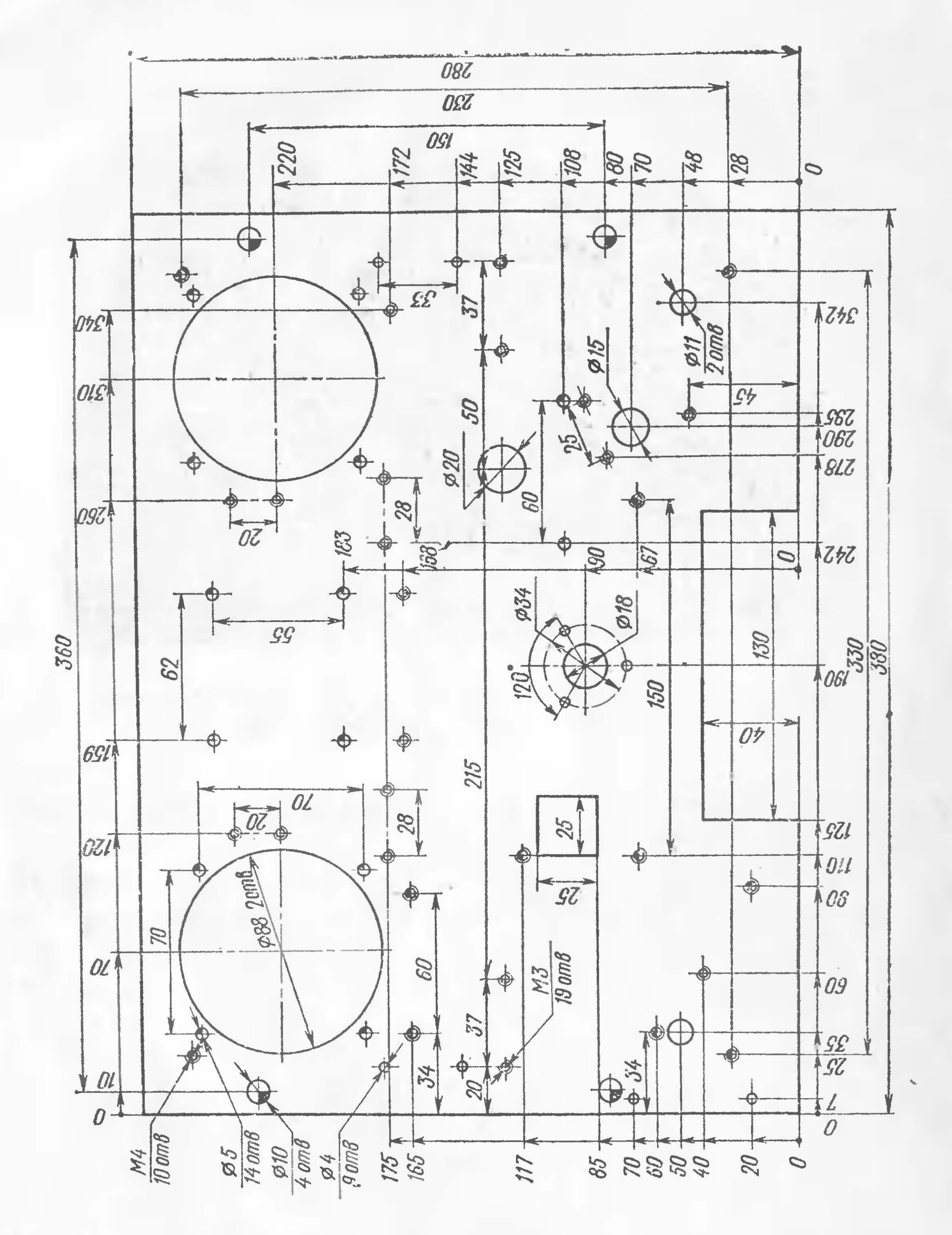


Рис. 4. Плата лентопротяжного механизма магнитофона-диктофона

теля скорости *23*. Рычаг переключателя скорости своей вилкой перебрасывает плоский ремень *25* с одной ступени насадки на другую.

С помощью галетного переключателя в соответствии со скоростью переключаются и цепи коррекции.

Узел ведущего вала состоит из ведущего вала *33* диаметром 7,5 мм, на который надет массивный шкив-маховик. С помощью втулки ведущий вал прикреплен к плате лентопротяжного механизма и через резиновый пассик соединен с ведущим двигателем.



Рис. 5. Размещение деталей на плате лентопротяжного механизма магнитофона-диктофона. Вид снизу

Клавишный переключатель обеспечивает всю коммутацию электродвигателей и лентопротяжного механизма. В него входят пять клавишей, обеспечивающие переключение магнитофона на основные режимы работы: «Запись» *10*, «Воспроизведение» *12*, «Перемотка влево» *17*, «Перемотка вправо» *18* и «Стоп» *14*.

Все узлы лентопротяжного механизма укреплены на дюралюминиевой плате размерами 280×380×4 мм (рис. 4). На этой же плате сверху размещена диктофонная приставка, а снизу (рис. 5) — усилитель магнитофона-диктофона, смонтированный на гетинаксовой плате размерами 100×270 мм, и блок питания. С блоком головок усилитель соединен штепсельным разъемом. Плата блока головок показана на рис. 6, а рычаг прижимного ролика — на рис. 7.

Управление магнитофоном-диктофоном. Кроме клавишного переключателя, в управлении магнитофоном-диктофоном участвуют четыре кнопки: «Наложение записи» *5*, «Вторая дорожка» *7*, «Первая дорожка» *19*, «Пуск» *20*. На лицевую панель выведены также пять ручек управления: регулировки длительности звучания *1*, включения диктофона и установки длительности пауз *2*, регулятора уровня

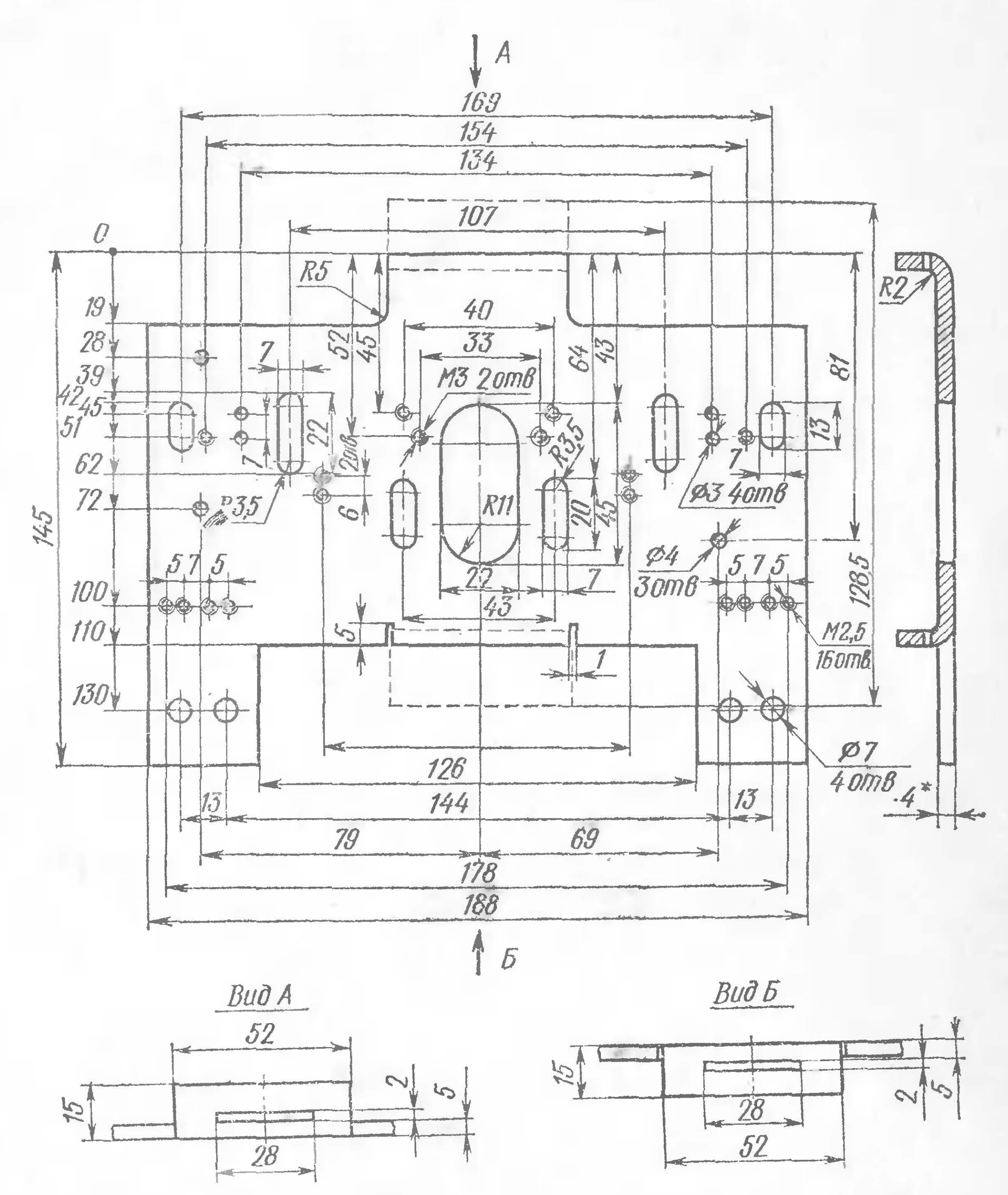


Рис. 6. Плата блока магнитных головок магнитофона-диктофона, материал Ст 3, ГОСТ 14637-69

сигнала при записи и громкости при воспроизведении *3*, (рядом расположен индикатор уровня записи *4*), переключения скорости *22* и регулятора тембра *26*.

Управление диктофоном осуществляется очень просто. Запись ведется обычным путем. Для перехода к режиму диктофона при воспроизведении ручку *2* следует повернуть вправо. При этом подается питание на диктофонную приставку, и магнитофон начинает работать как диктофон, автоматически выдавая слово или группу слов, останавли-

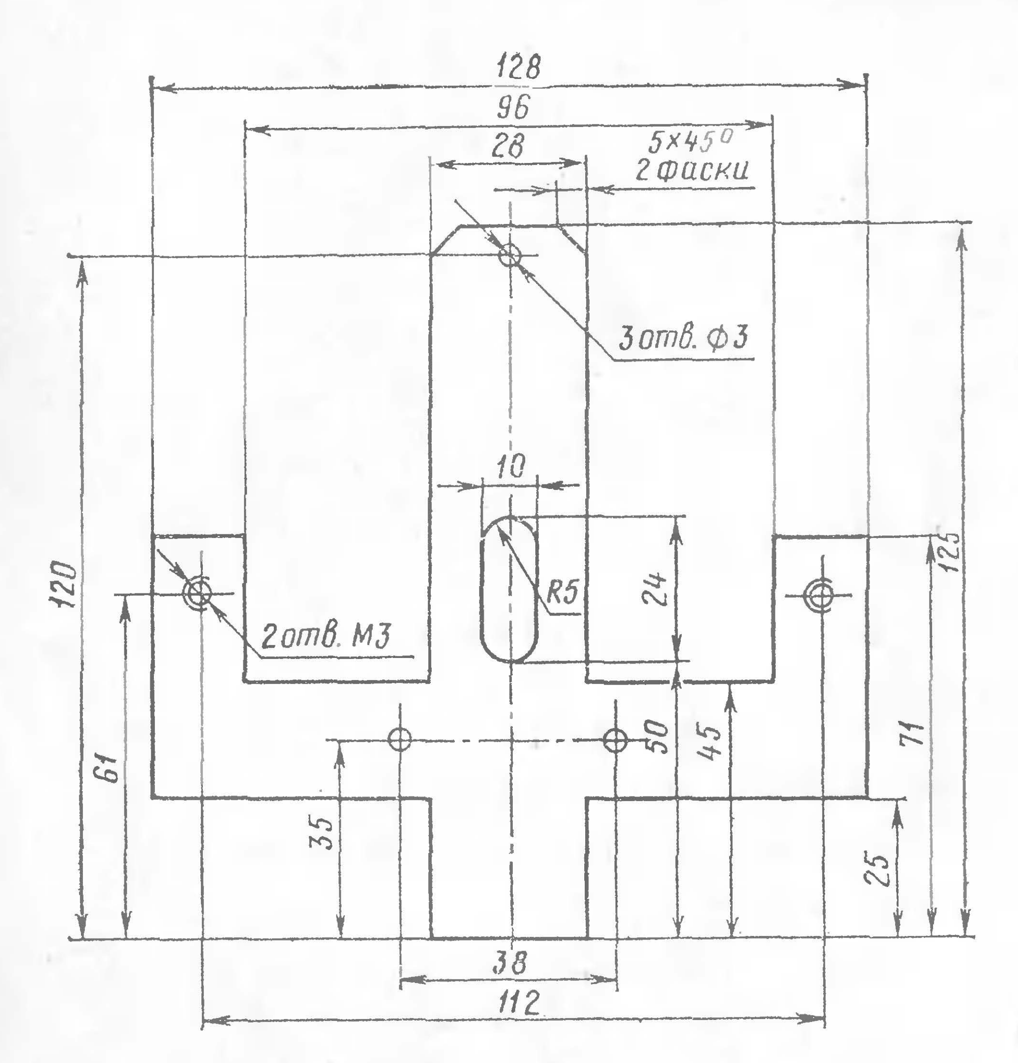


Рис. 7. Рычаг прижимного ролика, материал Ст 3, ГОСТ 14637-69

вая ленту в паузе между словами или предложениями. Этой же ручкой устанавливается и регулируется длительность паузы, в течение которой можно записать от руки или перепечатать на машинке продиктованный текст. С помощью ручки *1* устанавливают длительность звучания группы слов, в зависимости от способности запомнить то или иное число продиктованных слов.

К СВЕДЕНИЮ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

С вопросами по содержанию данного сборника обращаться к составителю сборника по адресу: 103051, Москва, К-51, Петровка, 26, журнал «Радио», Цыгановой Л. В.

6Ф2.9
В80

В80 **В помощь** радиолюбителю. Выпуск 47. М., Изд-во ДОСААФ, 1974.

80 с. с ил.

На конц. пол. сост. Л. В. Цыганова

Описываются любительский супергетеродин и стереофонический усилитель. Даны рекомендации по расширению исполнительских возможностей электрогитары и изготовлению измерительной аппаратуры.

Предназначается для радиолюбителей.

В $\frac{30406-108}{072(02)-74}$ 107-74 6Ф2.9

СОДЕРЖАНИЕ

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск 47

Составитель *Лидия Васильевна Цыганова*

Редактор *Е. В. Софронов.* Художественный редактор *Т. А. Хитрова.* Технический редактор *З. И. Сарвина.* Корректор *В. Д. Синева*

Г 52072. Сдано в набор 26/VI-74 г. Подписано к печати 21/X-74 г. Изд. № 2/289. Формат $84\times108^1/_{32}$. Бумага типографская № 2. Тираж 300 000 экз. Цена 18 коп. Усл. п. л. 4,2. Уч. изд. л. 4,15. Зак. 1401.
Изд-во ДОСААФ, 107066, Москва, Б-66, ул. Новорязанская, д. 26.

Киевская книжная фабрика республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, ул. Воровского, 24.